



HAL
open science

Ergonomie des situations de formation professionnelle et environnements virtuels : le cas de la formation des agents de terrain

Artemis Drakos

► To cite this version:

Artemis Drakos. Ergonomie des situations de formation professionnelle et environnements virtuels : le cas de la formation des agents de terrain. Sciences cognitives. Université de Genève - Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation, 2021. Français. NNT: . tel-04053441

HAL Id: tel-04053441

<https://hal.science/tel-04053441v1>

Submitted on 31 Mar 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Ergonomie des situations de formation professionnelle et environnements virtuels : le cas de la formation des agents de terrain

DRAKOS, Artemis

Abstract

Cette thèse rend compte d'une recherche portant sur l'utilisation d'environnements virtuels en formation professionnelle. Cette recherche est conduite en référence au programme empirique et technologique du « cours d'action » et a été menée dans le contexte industriel de la professionnalisation des agents de terrain dans les centrales nucléaires. Trois dispositifs de formation ont été co-conçus, expérimentés et analysés. Les résultats font état (i) des structures typiques de différents niveaux dans l'organisation du cours d'expérience des acteurs lors de l'utilisation de l'environnement virtuel en situation de formation, ainsi que (ii) des expériences-type de reenactment, de projection aux futures situations de travail et de mise en intrigue dynamique. Les avancées technologiques se sont concrétisées par et portent sur la re-conception de chacun des trois dispositifs de formation, tout en donnant lieu également à des pistes de re-conception de l'environnement virtuel lui-même. La discussion des résultats empiriques permet (i) d'examiner le reenactment sous le regard de [...]

Reference

DRAKOS, Artemis. *Ergonomie des situations de formation professionnelle et environnements virtuels : le cas de la formation des agents de terrain*. Thèse de doctorat : Univ. Genève, 2021, no. FPSE 782

DOI : [10.13097/archive-ouverte/unige:154027](https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:154027)

URN : [urn:nbn:ch:unige-1540275](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:ch:unige-1540275)

Available at:

<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:154027>

Disclaimer: layout of this document may differ from the published version.



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

FACULTÉ DE PSYCHOLOGIE
ET DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION

Section des sciences de l'éducation

Sous la direction de Germain POIZAT et de Geneviève FILIPPI

Ergonomie des situations de formation professionnelle et environnements virtuels

Le cas de la formation des agents de terrain

THESE

Présentée à la
Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation
de l'Université de Genève
pour obtenir le grade de Docteur en sciences de l'éducation

par

Artémis DRAKOS

Thèse N° 782

GENEVE

Juin 2021

16-347-205

Jury de thèse :

Mireille BETRANCOURT, Université de Genève
Catherine DELGOULET, Conservatoire National des Arts et Métiers
Geneviève FILIPPI, EDF R&D (co-directrice de thèse)
Serge LEBLANC, Université de Montpellier
Germain POIZAT, Université de Genève (co-directeur de thèse)
Pascal SALEMBIER, Université de Technologie de Troyes

REMERCIEMENTS

Cette recherche, comme tout travail de thèse, n'est pas le fruit d'un travail individuel, mais a été rendue possible grâce à l'apport de nombreuses personnes qui ont contribué à faire de cette thèse une belle aventure.

En premier lieu, je tiens à remercier Germain Poizat pour ses qualités humaines, sa disponibilité et une rigueur sans faille. Il a su diriger ce travail avec enthousiasme et humour, m'orienter et m'encourager sans jamais imposer son point de vue. Un grand merci pour la confiance accordée, j'espère que nous aurons l'occasion de poursuivre cette collaboration.

Mes remerciements vont également à Geneviève Filippi pour toute l'énergie et qu'elle a su mettre dans l'encadrement de cette thèse, je suis consciente que tous les doctorants n'ont pas la chance d'avoir un encadrement de qualité comme j'ai pu l'avoir et j'en suis très reconnaissante ! Merci pour nos échanges constructifs et conviviaux, même quand on n'était pas d'accord. Merci aussi de m'avoir invitée dans deux mondes complètement étrangers, mais qui se sont révélés de très belles surprises : ceux de l'ergonomie et du nucléaire. Une discipline et un terrain d'étude vraiment passionnants !

Je souhaite adresser mes remerciements aux membres du jury, Mireille Bétrancourt, Catherine Delgoulet, Serge Leblanc et Pascal Salembier pour avoir accepté de lire et évaluer ce travail et également pour les échanges à venir qui me permettront de poursuivre mes réflexions.

Un énorme merci à Simon Flandin et François Palaci d'avoir participé au comité de suivi de thèse tout au long de mes travaux. Je remercie Simon pour son amitié, ses multiples encouragements et pour avoir toujours su me rappeler ce qui est essentiel dans la réalisation d'une thèse. Toute ma reconnaissance à François pour la qualité de ses conseils et les moments d'échange conviviaux.

Mes remerciements chaleureux vont aussi aux formateurs et stagiaires qui se cachent derrière des initiales d'emprunt dans tout ce manuscrit. Leur engagement et la relation de confiance construite avec eux ont permis la réalisation de ce travail. Mes remerciements vont tout particulièrement au formateur F3, pour notre réelle collaboration autour de la conception et l'amélioration du dispositif Scénario-enquête.

Un grand merci aux membres de l'équipe CRAFT, une équipe où les échanges sont toujours bienveillants et les critiques constructives. Merci à Annie Goudeaux, Deli Salini, Nicolas Perrin, Oriane Sitte de Longueval, Kim Stroumza ainsi qu'à tous les autres membres, nos échanges ont contribué à l'élaboration de cette thèse. Merci également à mes co-bureaux du 106, Marie Charlotte Bailly et Jérémy Eyme, car nos réunions de travail sur les trois thèses m'ont permis de prendre de la hauteur par rapport à ma propre thèse et ont fait émerger de nombreuses pistes de réflexion.

Merci à Philippe Veyrunes qui m'a fortement encouragée à candidater pour cette offre de thèse, me poussant ainsi dans cette belle aventure que fut ce parcours doctoral. Merci également d'avoir toujours répondu positivement aux multiples sollicitations.

Un grand merci à Marc Durand, pour sa disponibilité (même du jour au lendemain) pour son écoute et surtout pour ses explications si éclairantes.

J'adresse ma gratitude à Jacques Theureau pour nos multiples échanges et réunions de travail qui ont nourri plusieurs parties de ma recherche, notamment celles autour des abductions et de l'Observatoire du programme de recherche.

Je souhaite remercier tous les collègues du groupe FOH de la R&D d'EDF ainsi que Jean-Paul Labarthe, chef du groupe, pour l'accueil chaleureux qu'ils m'ont réservé. C'est avec un pincement au cœur que je vais vider mon bureau. Je remercie tout particulièrement Cécilia De la Garza pour les co-voiturages pour aller à Saclay, les apéros après une longue journée de travail, mais surtout pour son amitié. En écrivant ces lignes, j'ai aussi une grande pensée pour Pierre Le Bot qui a partagé avec nous ces moments conviviaux. Merci également à Catherine Stavroulis, Aurélie Daanen, Léna Masson et Julia Alengry pour nos nombreuses discussions pendant les pauses café. Mes remerciements vont également aux membres du groupe Réalité Virtuelle et Visualisation Scientifique pour l'aide accordée ainsi que pour l'intérêt porté à ce travail. Merci à Yvon Haradji qui a toujours su me rappeler qu'il faut travailler en visant l'excellence dans les temps impartis. Merci à Rémi Berta d'avoir accepté de faire partie du comité de suivi de thèse d'EDF, ainsi que pour nos discussions autour de la formation qui ont enrichi ce travail.

Merci aux membres du Réseau des Jeunes Chercheurs en Ergonomie, le partage de nos doutes, difficultés et petites et grandes victoires ont fait émerger de belles amitiés. Je pense en particulier à Audrey, Céline, Anaïs, Anthony, Nina, Noémie et Camille.

Je souhaite ensuite remercier l'ensemble des « Zinzins Juniors », pour nos moments d'échanges privilégiés, mêlant des temps de travail très fructueux et des échanges conviviaux qui ont contribué fondamentalement à ce travail. Merci tout particulièrement à Abdoulaye Faye, Guillaume Azéma, Gilles Dieumegard, Olivier Vors, Rémi Bonasio, Julia San Martin, Mélanie Secheppet, mais aussi et surtout à Serge Leblanc pour l'organisation et l'hospitalité lors de ces séminaires.

Un grand merci à toutes les personnes qui ont relu, commenté et corrigé les différentes versions de ce manuscrit. Tout d'abord merci à Geneviève, Germain et Quentin que j'ai harcelés et qui ont lu et relu de manière très réactive, mais également à Philippe, Simon, Oriane, François, Mélanie, Marie Charlotte, Camille, Léna et Jérémy pour leurs retours constructifs.

Je souhaite remercier de tout mon cœur ma famille : mes parents Myriam et Panagiotis ainsi que ma sœur Myrto. Myrto étant enseignante, elle a toujours su me rappeler l'importance de passer du temps sur le terrain puisque "à quoi bon spéculer autour de l'apprentissage si on ne met jamais les pieds dans une classe et on n'apporte pas de nouveaux outils pour les apprenants ?" Merci à mes parents d'avoir toujours soutenu et respecté mes choix. Merci d'avoir toujours cru en moi et de m'avoir encouragée au quotidien, ce travail n'aurait pas pu aboutir sans leur soutien si précieux.

Enfin et surtout, Quentin, je ne te remercierai jamais assez de m'avoir accompagnée en t'appropriant cette thèse. Merci d'avoir montré un si grand enthousiasme et intérêt pour ce travail, pour toutes ces heures de marche où nous avons discuté d'abduction ou de formation d'agents de terrain, pour toutes tes relectures et les centaines de virgules que tu as dû déplacer, les fautes d'orthographe corrigées pour rendre cette thèse moins "grecque". Merci de m'avoir soutenue quand j'en avais besoin et surtout merci d'avoir su me rappeler ce qui est essentiel en m'encourageant à entreprendre d'autres projets en parallèle de la thèse.

RÉSUMÉ

Cette thèse rend compte d'une recherche portant sur l'utilisation d'environnements virtuels en formation professionnelle. Cette recherche est conduite en référence au programme empirique et technologique du « cours d'action » qui articule une double visée : (i) la production de connaissances sur l'activité humaine et (ii) la conception de situations de formation favorisant des transformations majorantes dans l'activité des acteurs (formateurs et formés). Elle a été menée dans le contexte industriel de la professionnalisation des agents de terrain dans les centrales nucléaires, et prend appui sur un environnement virtuel représentant le bâtiment réacteur. La démarche adoptée est celle d'une ergonomie des situations de formation, qui se concrétise par plusieurs boucles itératives d'analyse du cours d'expérience des acteurs (formés et formateurs) en situation de formation et de re-conception de la situation, à partir des résultats empiriques.

Trois dispositifs de formation ont été co-conçus, expérimentés et analysés : un cours en salle durant lequel les formateurs ont utilisé l'environnement virtuel (Vi²BR), une séance durant laquelle les stagiaires ont utilisé l'environnement virtuel pour réaliser des enquêtes (Scénario-enquête), et un dispositif d'accompagnement des agents de terrains récemment habilités lors des premières interventions dans le bâtiment réacteur (NaRé). Vingt-quatre formateurs et formés ont participé à cette recherche, et cinq méthodes de construction de données ont été mobilisées (i) des observations filmées des situations de formation, (ii) des autoconfrontations, (iii) des autoconfrontations de second niveau, (iv) des verbalisations simultanées et interruptives, et (v) des entretiens de remise en situation à partir de traces de l'activité.

Les résultats font état (i) des structures typiques de différents niveaux dans l'organisation du cours d'action et cours d'expérience des formateurs et stagiaires lors de l'utilisation de l'environnement virtuel en situation de formation, ainsi que (ii) des expériences-type de *reenactment*, de projection aux futures situations de travail et de mise en intrigue dynamique. Les avancées technologiques se sont concrétisées *par* et portent *sur* la re-conception de chacun des trois dispositifs de formation, tout en donnant lieu également à des pistes de re-conception de l'environnement virtuel lui-même.

La discussion des résultats empiriques permet (i) d'examiner le *reenactment* sous le regard de l'imagination productive en explicitant la place des images (de l'environnement virtuel), (ii) de souligner le rôle des abductions dans la dynamique d'apprentissage/développement et l'intérêt des « laboratoires de curiosités », ou encore (iii) de proposer un essai méthodologique pour l'Observatoire du programme du cours d'action : l'entretien de remise en situation à partir de traces artificielles proposées par les environnements virtuels. Un second niveau de discussion technologique permet de proposer trois principes de conception de situations de formation mobilisant des environnements virtuels : (i) l'aide à la réflexivité augmentée, (ii) l'aide à l'extension de la sémiose et l'encouragement des abductions, et (iii) l'encouragement à l'expérience mimétique. La discussion se conclut par une extension de la démarche d'ergonomie des situations de formation, et une ouverture en direction des recherches *Design-Based* en éducation.

Mots-clefs : ergonomie des situations de formation, environnements virtuels, agents de terrain, industrie nucléaire, conception de situations de formation professionnelle, programme de recherche du cours d'action.

SUMMARY

This thesis reports on a research on the use of virtual environments in professional training. This research builds on the empirical and technological “course-of-action” program, which articulates two aims: (i) producing concepts on human activity and (ii) designing training situations that promote significant transformations in the activity of both trainers and trainees. It was carried out in the context of the professional development of nuclear power plants field operators using a training virtual environment representing the reactor building. The ergonomic analysis of training situations undertaken in this research took the form of multiple iterative loops of trainers and trainees course-of-action analysis. The empirical results thereby obtained give rise to the redesign of each training setup in an incremental process.

Three training setups were designed, tested and analyzed: (i) a classroom course during which the trainers used the virtual environment (ii) a session during which the trainees used the virtual environment to carry out inquiries and (iii) a dedicated setup providing support to newly qualified field operators for their first interventions in the reactor building. Twenty-four trainers and trainees participated in this research; five methods of data construction combined observations of training situations and various methods of verbalization (self-confrontations, simultaneous, re-situational interviews based on records of activity). The results show (i) typical structures of different levels in the organization of the activity of trainers and trainees when using the virtual environment in a training situation, together with (ii) typical experiences of reenactment, projection to future work situations and dynamic story plotting. Technological results were achieved through the redesign of each of the three training setups, while also giving rise to redesign proposal of the virtual environment itself.

The discussion offers the opportunity to (i) examine the reenactment from the point of view of productive imagination, by explaining the role of the virtual environment images, (ii) underline the role of abductions in the learning/development dynamics and the relevance of “laboratories of curiosities”, and (iii) propose a methodological experiment enhancing the Observatory of the course-of-action program: the re-situating interviews based on artificial traces proposed by the virtual environments. A second range of discussion focusing on technology suggests three design principles of training situations using virtual environments: (i) facilitating augmented reflexivity, (ii) supporting the extension of semiosis and encouraging abductions, and (iii) encouraging mimetic experience. The discussion concludes with an extension of the ergonomic analysis of training situations approach and an opening towards design-based research in education.

Keywords:

Virtual learning environment, design of professional training situations, ‘course of action’ research programme, field operators, nuclear power plants.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	1
RÉSUMÉ	5
SUMMARY	7
TABLE DES MATIÈRES	9
INTRODUCTION	13
PARTIE A CADRE DE LA RECHERCHE	17
CHAPITRE I CONTEXTUALISATION DE LA RECHERCHE	19
I 1. ENVIRONNEMENT VIRTUEL ET FORMATION PROFESSIONNELLE	20
I 1.1 De la réalité virtuelle aux environnements virtuels	20
I 1.2 Utilisations des environnements virtuels pour la formation professionnelle	28
I 1.3 Les limites des connaissances existantes sur les environnements virtuels dans la formation professionnelle et l'intérêt d'une approche de l'activité	43
I 2. APPORT CONJOINT DE L'ERGONOMIE ET LA FORMATION DES ADULTES POUR LA CONCEPTION	48
I 2.1 Un espace interstitiel entre l'ergonomie et la formation des adultes	48
I 2.2 Approches théoriques mobilisant l'analyse de l'activité pour la conception	56
I 2.4 Problématique générale et questions de recherche	73
I 3. LE CADRE INDUSTRIEL DE LA RECHERCHE	74
I 3.1 Les enjeux de la formation à EDF et le recours aux technologies numériques pour la formation	74
I 3.2 VVProPrepa : un environnement virtuel de visualisation 3D du bâtiment réacteur	78
I 3.3 Les agents de terrain des centrales nucléaires	82
I 3.4 La professionnalisation des agents de terrain	84
I 3.5 La genèse de la recherche : étudier le potentiel de formation de l'environnement virtuel	87
CHAPITRE II CADRE THÉORIQUE ET OBSERVATOIRE	89
II 1. HYPOTHÈSES ET OBJETS THÉORIQUES DU PROGRAMME DE RECHERCHE	90
II 1.1 Hypothèses fondamentales du programme de recherche cours d'action	90
II 1.2 Objets théoriques d'analyse de l'activité humaine	102

II 1.3	Principe du primat de la description intrinsèque	103
II 2.	OBSERVATOIRE GÉNÉRIQUE DU COURS D’ACTION	105
II 2.1	Phase préparatoire : immersion en centrale nucléaire.....	108
II 2.2	Participants à la recherche	111
II 2.3	Méthodes de construction des données sur l’activité.....	113
II 3.	ATELIER MÉTHODOLOGIQUE	121
II 3.1	Construction d’un protocole à deux volets	122
II 3.2	Analyse de la construction locale : la documentation de l’enchaînement du signe hexadique	123
II 3.3	Analyse de la construction globale : les structures significatives et leur dynamique	125
II 3.4	Documentation des contraintes et effets sur le cours d’action.....	131

PARTIE B RÉSULTATS **133**

CHAPITRE III PREMIÈRE ÉTUDE : DISPOSITIF VISUALISATION DU BÂTIMENT RÉACTEUR VIRTUEL (VP²BR)	135	
III 1. GENÈSE ET PRINCIPES DE CONCEPTION DU DISPOSITIF VP²BR	136	
III 2. OBSERVATOIRE ET ATELIER SPÉCIFIQUE A L’ÉTUDE 1	139	
III 2.1	Participants à l’étude	139
III 2.2	Déroulement du dispositif	140
III 2.3	Méthodes de construction des données.....	141
III 2.4	Méthodes de traitement des données	143
III 3. LE COURS D’EXPERIENCE DES ACTEURS LORS DE L’UTILISATION DE L’EV EN FORMATION ORDINAIRE	146	
III 3.1	Macro-séquences du cours d’expérience des formateurs.....	146
III 3.2	Apprentissage/développement des stagiaires.....	167
III 3.3	<i>Reenactment</i> d’expériences vécues dans le bâtiment réacteur par la visualisation des lieux authentiques de travail	180
III 4. IMAGES ET REENACTMENT EN FORMATION	186	
III 5. AVANCÉES TECHNOLOGIQUES : PISTES DE RE-CONCEPTION DU DISPOSITIF VP²BR	190	
III 5.1	Explication d’une procédure dans son intégralité.....	191
III 5.2	Capitalisation des lieux à montrer à partir d’une « bibliothèque » de photos	193
III 5.3	Transformation de la séance vers un format adoptant le principe de classe inversée	196
III 5.4	Restitutions théoriques animées avec l’EV	197
III 5.5	Intégrer l’EV dans d’autres cours du cursus	198
SYNTHESE DE LA PREMIERE ETUDE (VP²BR)	199	

CHAPITRE IV DEUXIÈME ÉTUDE : DISPOSITIF SCENARIO-ENQUETE	201
IV 1. GENÈSE ET PRINCIPES DE CONCEPTION DU DISPOSITIF SCENARIO-ENQUETE	202
IV 2. OBSERVATOIRE ET ATELIER SPÉCIFIQUE A L'ÉTUDE 2	206
IV 2.1 Participants à l'étude	206
IV 2.2 Déroulement du dispositif	207
IV 2.3 Méthodes de construction de données	213
IV 2.4 Méthodes de traitement des données	217
IV 3. COURS D'EXPÉRIENCE DES ACTEURS LORS DU DISPOSITIF SCENARIO-ENQUETE	224
IV 3.1 Expériences-type et construction de connaissances lors de la navigation libre	225
IV 3.2 Cours d'expérience des stagiaires lors de la réalisation des consignes du dispositif.....	237
IV 3.3 Modes de recherche archétypes du matériel dans l'EV	249
IV 3.4 Enquêtes abductives, déductives et inductives	256
IV 3.5 Préoccupations-archétypes du formateur.....	265
IV 3.6 Les vues de l'environnement virtuel comme support au cours d'expérience des acteurs.....	275
IV 4. ABDUCTION ET DYNAMIQUE D'APPRENTISSAGE/DÉVELOPPEMENT	286
IV 5. AVANCÉES TECHNOLOGIQUES	289
IV 5.1 Transformations de la scénarisation des consignes	289
IV 5.2 Transformations de la scénarisation pédagogique du dispositif au-delà des consignes.....	300
SYNTHÈSE DE LA DEUXIÈME ÉTUDE (SCENARIO-ENQUETE)	307
CHAPITRE V TROISIEME ÉTUDE : DISPOSITIF NAVIGATION-RECIT (NARE)	309
V 1. GENÈSE ET PRINCIPES DE CONCEPTION DU DISPOSITIF NAVIGATION-RECIT (NARE)	311
V 2. OBSERVATOIRE ET ATELIER SPÉCIFIQUE A L'ÉTUDE 3	316
V 2.1 Participants à l'étude	316
V 2.2 Déroulement du dispositif NaRé	317
V 2.3 Méthodes de construction de données	318
V 2.4 Traitement des données	320
V 3. COURS D'EXPERIENCE DES ACTEURS LORS DU DISPOSITIF NAVIGATION-RECIT	325
V 3.1 Résumés et <i>storyboards</i> des épisodes marquants	325
V 3.2 Organisation sérielle du cours d'expérience lors du dispositif NaRé	334
V 3.3 Mettre en intrigue l'expérience vécue	339
V 3.4 Apprentissage/développement par la reprise de chaînes interprétatives pendant le dispositif	351

V 4. DYNAMIQUE D'APPRENTISSAGE/DÉVELOPPEMENT LIÉE À LA TRIPLE TEMPORALITÉ DE LA MISE EN INTRIGUE	360
V 5. AVANCÉES TECHNOLOGIQUES	364
V 5.1 Développement des méthodes de remise en situation dynamique de l'Observatoire du programme de recherche.....	364
V 5.2 Pistes de conception de situations de formation à partir du dispositif NaRé.....	373
SYNTHÈSE DE LA TROISIÈME ÉTUDE (NARE)	377
PARTIE C CONTRIBUTION AU PROGRAMME DE RECHERCHE	379
CHAPITRE VI DISCUSSION GÉNÉRALE	381
CONTRIBUTION AU PROGRAMME DE RECHERCHE TECHNOLOGIQUE EN FORMATION DES ADULTES	382
VI 1. PRINCIPES DE CONCEPTION DE SITUATIONS DE FORMATION AVEC DES ENVIRONNEMENTS VIRTUELS POUR LA FORMATION	383
VI 1.1 Principe d'extension de la sémiose – encouragement des enquêtes abductives	383
VI 1.2 Principe de réflexivité augmentée par une mise en intrigue dynamique	386
VI 1.3 Principes de mimésis	388
VI 2. DÉMARCHE D'ERGONOMIE DES SITUATIONS DE FORMATION	393
VI 3. LIMITES ET PERSPECTIVES	398
VI 3.1 Analyse de l'activité pendant des empan temporels longs.....	398
VI 3.2 Analyse de l'activité en situation de travail.....	399
VI 3.3 Élargir à l'analyse de l'activité d'acteurs d'autres métiers des industries à risques	400
VI 3.4 Conception d'un EVAH à partir de VVProPrepa : « VVProPaideia »	401
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	405
Liste des Figures	454
Liste des Tableaux	460
Glossaire	464
Abréviations	464
Glossaire Technique	465

INTRODUCTION

Cette thèse rend compte d'une recherche portant sur la question de la conception et des usages des environnements virtuels en situation de formation professionnelle. Elle a été menée dans le contexte industriel singulier de la professionnalisation initiale des agents de terrain de centrales nucléaires. Les situations de formation que nous avons à la fois étudiées et conçues prennent appui sur un environnement virtuel représentant le bâtiment réacteur d'une centrale nucléaire, un espace essentiel dans l'activité des agents de terrain.

Notre recherche, située à la croisée de deux disciplines, l'ergonomie et la formation des adultes, est inscrite dans le programme empirique et technologique du cours d'action, un programme qui articule une visée de production de connaissances sur l'activité humaine avec une visée de transformation des situations de formation par la conception de dispositifs de formation favorisant des améliorations de cette activité. Dans cette filiation, notre recherche s'inscrit dans la démarche d'ergonomie des situations de formation. Cette démarche articule l'analyse de l'activité des formés et des formateurs en situation de formation et la conception de dispositifs de formation utilisant l'environnement virtuel précité et dont l'utilisation est en retour analysée au fur et à mesure de l'évolution de ses conceptions.

L'usage pour la formation de cet environnement virtuel a suscité notre questionnement sur la modification des pratiques de formation des adultes par les usages des technologies numériques et leur pertinence pour l'apprentissage. L'introduction du numérique pour la formation en milieu professionnel a commencé il y a plusieurs décennies avec l'usage des simulateurs, utilisés pour compenser la rareté de certaines situations auxquelles s'entraîner ou les risques associés à d'autres situations (e.g. formation des pilotes d'avion aux situations anormales ou d'urgence). D'autres dispositifs numériques ont été intégrés au fur et à mesure et bien que leur utilisation ne soit pas récente, la tendance à les mobiliser s'est accrue (Bétrancourt & Poizat, 2017). Des solutions basées sur le e-learning, la vidéo-formation et les vidéos pédagogiques, les réseaux sociaux d'apprentissage et les communautés virtuelles, la simulation et les *serious game*, ou encore la réalité virtuelle et augmentée, sont encouragées et « investies » pour soutenir et satisfaire aux nouvelles exigences de formations des adultes (Charbonnier & Enlart, 2014; Charlier, 2010)

L'évolution des technologies ouvre la voie à de nouvelles modalités de formations. Cette digitalisation englobe la formation synchrone ou asynchrone en présentiel ou à distance, par exemple les formations ouvertes et à distance (Albero & Kaiser, 2009; Béché & Schneider, 2019; Dieumegard & Durand, 2005; Jézégou, 2010), ou hybrides (« blended ») (Anastasiades, 2008; Bétrancourt et al., 2014; Graham, 2006; Peraya et al., 2014). On y retrouve également les travaux portant sur la vidéoformation (Flandin, 2015; Gaudin et al., 2018; Gaudin & Chaliès, 2012; Leblanc, 2014a; Muller & Lussi Borer, 2018), l'utilisation et la construction de ressources en ligne (livres, conférences, etc.) et les plateformes collaboratives par exemple les *Learning Management System* (e.g., wiki, forum, etc.) (Delacroix, 2005; Dillenbourg et al., 2003; Ortoleva et al., 2013; Peraya & Campion, 2007; Taurisson & Senteni, 2003). Enfin, la digitalisation a encouragé le développement de formations basées sur des jeux éducatifs et *serious games* (Allain & Szilas, 2012; Denami & Marquet, 2018; Kasbi, 2012), sur l'utilisation de simulateurs (Bouchot & Leblanc, 2019; Horcik & Durand, 2011; Lewis et al., 2011; Pastré, 2005; Silveira, 2004; Soler et al., 2004; Vidal-Gomel, 2007), mais aussi sur la réalité virtuelle qui va nous intéresser dans ce travail.

Le point de départ de ce travail se situe à l'intersection du développement technique d'outils de réalité virtuelle et du développement d'innovations pédagogiques en matière de conception de situations de formation ou d'apprentissage instrumentées. Une des limites récurrentes de ce type d'innovation est liée à leurs démarches de conception qui s'appuient couramment sur des collaborations entre experts représentant un métier et informaticiens. Or ce type de démarche aboutit le plus souvent à une ingénierie techno-centrée d'artefacts pensés uniquement du point de vue de leurs potentialités techniques qui prescrivent les usages, et non centrés sur l'expérience des apprenants et des formateurs.

Bétrancourt et Poizat (2017) rappellent trois attitudes extrêmes envers les nouvelles technologies qu'il convient d'éviter : l'attitude « techno-dystopiste » qui consiste à repousser les nouvelles technologies ; l'attitude « techno-utopiste » qui consiste au contraire à considérer que l'arrivée de la technologie pourra résoudre la plupart des difficultés fondamentales de formation, et enfin l'« indifférence » qui consiste à faire comme si la technologie n'existait pas.

Cette thèse cherche ainsi à apporter des réponses aux questions : en quoi l'utilisation d'environnements virtuels en situation de formation transforme l'activité des formateurs ? En quoi les environnements virtuels peuvent créer des opportunités d'apprentissage chez les apprenants ? Comment concevoir des situations de formation mobilisant des environnements

virtuels favorisant l'apprentissage/développement des formés et leur appropriation par les formateurs ?

La thèse s'organise autour de trois parties divisées en chapitres.

La **première partie** pose le cadre de cette recherche : les enjeux professionnels et scientifiques relatifs à l'analyse de l'activité des acteurs (formateurs et stagiaires) qui utilisent des environnements virtuels en situation de formation. Cette partie se compose de deux chapitres.

Dans le **premier chapitre**, les travaux de la littérature scientifique concernant l'utilisation des environnements virtuels en formation, et les approches mobilisant l'analyse de l'activité pour analyser et concevoir des dispositifs de formation sont discutés et mis en perspective pour aboutir à la définition de notre objet de recherche : l'activité des acteurs en situation de formation mobilisant un environnement virtuel, dans une double visée de produire des connaissances scientifiques sur l'activité humaine en situation de formation et de concevoir des situations et des artefacts de formation comme aides à l'apprentissage/développement.

Le **deuxième chapitre** explicite le cadre théorique et méthodologique du programme de recherche empirique et technologique du cours d'action en formation des adultes dans lequel s'inscrit notre thèse. Nous décrivons d'abord les hypothèses et objets théoriques de ce programme de recherche suivis d'une présentation de l'Observatoire, c'est-à-dire l'ensemble d'outils et méthodes de constitution de données, fondé théoriquement en relation organique avec les hypothèses. Enfin, nous rendons compte de l'Atelier méthodologique du programme, c'est-à-dire l'ensemble des outils et méthodes d'analyse et de modélisation de l'activité humaine, mobilisés dans notre recherche.

La **deuxième partie** est composée de trois chapitres portant sur les études empiriques menées avec les trois dispositifs de formation que nous avons conçus.

Le **troisième chapitre** rend compte de la première étude empirique (Vi²BR) portant sur un dispositif de formation en salle lors duquel les formateurs ont utilisé l'environnement virtuel. Sont d'abord présentés la genèse de ce dispositif et l'Observatoire et Atelier spécifique de cette étude, où nous présentons les méthodes de construction et de traitements des données empiriques. Ensuite, nous exposons les résultats empiriques portant sur l'activité des formateurs et des formés, suivis des résultats technologiques, c'est-à-dire un ensemble de propositions

d'amélioration et de conception du dispositif étudié. Ce chapitre est clôturé par une discussion intermédiaire.

Le **quatrième chapitre** rend compte de la deuxième étude empirique (Scénario-enquête) portant sur un dispositif de formation « non curriculaire » lors duquel les stagiaires ont utilisé l'environnement virtuel pour réaliser une enquête. Ce chapitre débute par la présentation des principes de conception de ce dispositif, qui est le fruit d'une co-conception entre des chercheurs et des formateurs. Ensuite, nous spécifions l'Observatoire et Atelier de cette étude. À l'image du chapitre précédent, nous exposons enfin les résultats empiriques portant sur l'activité des formateurs et des formés, suivis des résultats technologiques. Ce chapitre est également clôturé par une discussion intermédiaire.

Le **cinquième chapitre** rend compte de la troisième étude empirique (NaRé) portant sur un dispositif d'accompagnement des stagiaires à l'issue de leur formation initiale. Les principes de conception du dispositif sont tout d'abord présentés, suivi par l'instanciation de l'Observatoire et Atelier concernant cette étude. Les résultats empiriques portant sur l'activité des professionnels nouvellement habilités sont suivis des résultats technologiques et le chapitre est de nouveau clôturé par une discussion intermédiaire.

Dans la **troisième partie**, nous proposons une discussion générale relative aux résultats de la recherche et plus spécifiquement au volet technologique de notre contribution au programme de recherche du cours d'action en formation des adultes.

PARTIE A

CADRE DE LA RECHERCHE

CHAPITRE I Contextualisation de la recherche

CHAPITRE II Cadre théorique et Observatoire

CHAPITRE I

CONTEXTUALISATION DE LA RECHERCHE

Ce chapitre présente le contexte, les enjeux et le cadre de cette recherche. Il est composé de trois sections.

- La section 1 présente les travaux scientifiques concernant l'utilisation des environnements virtuels à des fins de formation et plus spécifiquement ceux portant sur la réalité virtuelle.
- La section 2 précise notre positionnement à l'intersection de la formation des adultes et de l'ergonomie. Elle propose de mettre en visibilité les liens entre ces deux champs de recherche/et de pratiques. Elle est suivie d'une présentation de trois approches théoriques qui mobilisent l'analyse de l'activité pour la conception, l'approche instrumentale, la didactique professionnelle et le cours d'action. Enfin, elle présente la problématique de notre objet de recherche.
- La section 3 détaille le contexte industriel de cette recherche à savoir celui de la formation professionnelle des agents de terrain de centrales nucléaires et explicite la genèse de cette recherche.

I 1. ENVIRONNEMENT VIRTUEL ET FORMATION PROFESSIONNELLE

Avec le développement d'une multitude de nouveaux outils technologiques ces dernières décennies, l'utilisation de différentes technologies pour la formation questionne les chercheurs et les praticiens de la formation professionnelle (Bétrancourt et al., 2014; Bétrancourt & Poizat, 2017). Ces outils semblent être en mesure de soutenir l'apprentissage/développement¹ dans différents domaines d'éducation et de formation professionnelle. Les champs de la formation professionnelle et des adultes se sont emparés de ces avancées technologiques pour repenser leurs offres de formations (Bétrancourt et al., 2014).

Parmi ces outils, ceux basés sur la réalité virtuelle (RV) sont en plein essor dans le champ de la formation professionnelle. Cette technologie est centrale dans notre recherche, dans la mesure où les situations de formation étudiées prennent appui sur un environnement virtuel (EV) particulier. Dans cette section, nous examinons d'abord les travaux de la littérature nous permettant de converger vers une définition de la RV et ses caractéristiques clés (sous-section 1.1), puis nous focalisons notre propos sur l'usage des environnements virtuels pour la formation (sous-section 1.2). Enfin, nous présentons l'intérêt d'une approche ergonomique pour combler les limites travaux tirés surtout par la technologie (sous-section 1.3)

I 1.1 De la réalité virtuelle aux environnements virtuels

I 1.1.1 Les caractéristiques de la réalité virtuelle

Nous présentons ici différentes définitions de la notion de RV de la littérature, notamment celle qui a été retenue dans le cadre de notre travail. À ces définitions sont associées des caractéristiques que nous détaillons. Enfin, nous déterminons les liens entre les caractéristiques de la RV et celles de l'apprentissage (ou celles des opportunités d'apprentissage) tels qu'identifiés dans la littérature scientifique. Les exemples illustrant les caractéristiques de la RV sont issus du champ industriel, de la production d'énergie ou de la gestion des risques.

Le terme de réalité virtuelle alimente des débats dans différentes disciplines scientifiques (Tisseau, 2001). Elle recouvre « l'ensemble d'outils logiciels et matériels permettant de simuler

¹ Nous utilisons la définition de l'apprentissage/développement suivante « Par apprentissage nous entendons l'acquisition, par les individus et les collectifs qu'ils constituent, de modes d'action nouveaux pour eux, issus du patrimoine culturel (notamment professionnel) en relation ou non avec un projet intentionnel de transmission de ces modes d'action par une instance de formation; par développement nous entendons la transformation du répertoire d'actions des individus et des collectifs qu'ils constituent, en relation ou non avec un projet intentionnel d'accompagnement par une instance de formation » (Durand, 2008, p. 99).

de manière réaliste une interaction avec des objets virtuels qui sont des modélisations informatiques d'objets réels » (Tisseau, 2001, p. 17). Craig et Sherman (2003) définissent la RV comme « a medium composed of interactive computer simulations that sense the participant's position and actions and replace or augment the feedback to one or more senses, giving the feeling of being mentally immersed or present in the simulation (a virtual world) » (Sherman & Craig, 2003, p. 13). Ces derniers mettent aussi l'accent sur quatre caractéristiques spécifiques de la RV : (i) le monde virtuel, (ii) l'immersion, (iii) le retour d'information (*feedback*), et (iv) l'interaction.

Le monde virtuel correspond au contenu de l'EV et est indépendant du type d'outil d'affichage utilisé. À titre d'exemple le dispositif *Interactive Visualizing System for Virtual Development and Training Platform* (IVS_VDT Platform) d'Arendarski et al. (2008) (Figure 5, p. 33) peut être utilisé soit avec un ordinateur, soit projeté dans un CAVE². Ce dispositif propose un scénario à des professionnels devant se former à la déconnexion d'un transformateur du réseau électrique. Le système d'affichage peut changer, mais le monde virtuel, c'est-à-dire l'univers représenté et scénarisé par l'EV, reste le même.

S'appuyant sur les travaux de McLuhan (1994), Whyte (2002) identifie trois caractéristiques auxquelles doit répondre la RV. Elle doit (i) être interactive au sens où les utilisateurs doivent pouvoir interagir avec le système/les modèles, (ii) être spatiale avec des modèles en trois dimensions, et (iii) permettre des retours d'information (*feedback*) en temps réel. Cependant, comme le rappellent Fuchs, Berthoz et Vercher (2003), le terme de RV est souvent employé et défini en mélangeant différents aspects tels que sa finalité, ses fonctions, ses applications, et les techniques ou technologies sur lesquelles elle s'appuie. Ces auteurs proposent trois définitions de la RV (une définition générique, une définition fonctionnelle et une définition technique) :

La finalité de la réalité virtuelle est de permettre à une personne (ou à plusieurs) une activité sensorimotrice et cognitive dans un monde artificiel, créé numériquement, qui peut être imaginaire, symbolique ou une simulation de certains aspects du monde réel (Fuchs, Berthoz, et al., 2003, p. 5) – Dimension générique.

La réalité virtuelle va permettre [à l'utilisateur] de s'extraire de la réalité physique pour changer virtuellement de temps, de lieu et(ou) de type d'interaction : interaction avec un

² CAVE « est un système de visualisation cubique dont trois à six de ses faces sont des écrans » (Sagnier, 2019, p. 10).

Chapitre 1 : Contextualisation de la Recherche

environnement simulant la réalité ou interaction avec un monde imaginaire ou symbolique (Fuchs, Berthoz, et al., 2003, p. 7). – Dimension fonctionnelle.

La réalité virtuelle est un domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des interfaces comportementales en vue de simuler dans un monde virtuel le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion pseudo-naturelle par l'intermédiaire de canaux sensorimoteurs (Fuchs, Berthoz, et al., 2003, p. 7). – Dimension technique.

Ces définitions de Fuchs et ses collègues (2003), sont souvent employées dans les travaux sur la RV, car elles permettent de la décrire de manière très précise. Elles se concentrent cependant sur l'interaction des acteurs avec les EV et se limitent à définir la RV au travers des outils, des dispositifs et des interfaces utilisés. Pour Thouvenin (2009), elles mettent négligent ainsi « la composante humaine de l'expérience vécue dans le monde virtuel, expérience liée à la perception, la compréhension de symboles et à l'action dans le monde » (p. 23).

Thouvenin (2009), comme d'autres chercheurs s'intéressant à la RV (De Loor et al., 2008; De Loor & Tisseau, 2011; Parenthoen & Belemaalem, 2008; Tisseau, 2001), œuvre en faveur du développement d'une perspective enactive de la cognition dans les environnements virtuels et insiste sur la place primordiale que doit avoir l'expérience telle qu'elle est vécue par les acteurs utilisant l'EV, dans la définition de la RV. Par ailleurs, elle propose d'élargir le couple « homme-machine » au trio « machines-personnes-environnements » en ne s'intéressant pas seulement (de manière isolée) à la technologie de virtualisation, mais à l'ensemble de l'environnement avec lequel l'acteur est couplé lors de l'utilisation des EV. Cela passe par la prise en compte de l'ensemble des éléments significatifs pour les utilisateurs, les connaissances qu'ils mobilisent pour agir et la compréhension qu'ils ont de ce monde virtuel. Pour Thouvenin (2009), la RV permet « de vivre une expérience par l'exploration en temps réel de situations dans lesquelles les connaissances symboliques et l'interaction donnent à l'utilisateur des modes d'accès et d'exploration immersifs » (p.23).

Il s'agit de la définition sur laquelle nous nous appuyerons dans le cadre de notre recherche, étant donné que sa définition est compatible avec les hypothèses ontologiques formulées dans le cadre de ce travail et débouchant sur une approche enactive de l'activité.

Les notions d'interaction et d'immersion sont des composantes clés dans la RV. Certains auteurs parlent d'ailleurs d'« I² » (Fuchs, 2018; Fuchs et al., 2011; Fuchs, Moreau, et al., 2003).

Sherman et Craig (2003) définissent l'interaction comme la communication entre l'acteur et le système de RV. Cette interaction dépend des « réponses » du système aux actions de l'acteur. Les jeux vidéo sont un exemple d'interaction entre le joueur et l'EV. Cette interaction peut se faire soit par de schèmes comportementaux importés soit par des métaphores³ (Fuchs, Berthoz, et al., 2003, p. 11). Le concept de schèmes comportementaux importés, emprunté des travaux de Piaget, fait référence à « l'organisation mentale des actions telles qu'elles se transfèrent ou se généralisent lors de la répétition de cette action en des circonstances analogues » (Fuchs, Berthoz, et al., 2003, p. 11). Par exemple, pour ouvrir une vanne dans un EV, un acteur peut être muni d'un gant adapté et réaliser le geste tel qu'il l'aurait réalisé pour ouvrir une vanne dans le monde physique. Les métaphores, quant à elles, sont des conventions qui permettent de réaliser certaines actions sans s'appuyer sur des référentiels existants. En conservant l'exemple de l'ouverture de la vanne, ici, l'acteur pourrait réaliser cette action en cliquant sur une image qui traduirait l'action « ouverture de la vanne ».

Autre caractéristique prépondérante de la RV, l'immersion peut être caractérisée par « la sensation d'être dans un environnement » (Sherman & Craig, 2003, p. 9). Ces auteurs distinguent deux types d'immersion, l'immersion physique et l'immersion mentale.

L'immersion physique correspond à l'immersion sensorielle des acteurs. Elle fait référence aux différentes perceptions sensorielles de l'utilisateur, qui sont dépendantes des outils technologiques qui sont utilisés (Sherman & Craig, 2003). Le degré d'immersion physique est généralement lié aux solutions techniques implémentées, avec d'un côté du continuum, des environnements virtuels non-immersifs sur des écrans ou ordinateurs (*desktop virtual environments*) (Dalgarno & Lee, 2010) et de l'autre côté, des environnements virtuels immersifs impliquant des outils permettant des retours sensoriels à l'utilisateur (casque de RV, gants permettant des retours de force, écouteurs, etc.) (Lee & Wong, 2014; Limniou et al., 2008). Une des formes les plus courantes et relativement peu coûteuse de la RV non-immersive (ou *low immersion*) consiste à coupler un écran d'ordinateur pour la visualisation et un dispositif de saisie/contrôle (García et al., 2016).

L'immersion mentale met l'accent sur le fait que l'engagement psychologique de l'acteur est primordial pour qu'il se sente immergé dans l'EV (Sherman & Craig, 2003). L'immersion mentale se recoupe avec l'idée du sentiment de présence mis en avant par d'autres chercheurs

³ Nous utilisons ici le terme de « métaphores », car c'est le terme employé par les auteurs. Il est entre guillemets pour le distinguer de la notion de métaphores telle qu'elle peut être utilisée et conceptualisée par la suite dans le manuscrit.

(Lombard & Ditton, 1997) adoptant une perspective plus psychologique (Wilson, 1997). Il est communément admis que ce sentiment de présence renvoie au « sentiment d'être là » (*the sense of being there*) (Mikropoulos, 2006b, p.197). Slater (1999, 2003) définit la présence comme « Presence is defined as the subjective experience of being in one place or environment, even when one is physically situated in another.[...] Presence refers to experiencing the computer-generated environment rather than the actual physical locale » (Slater, 1999, p. 560). À cette définition s'ajoutent trois aspects :

- le sentiment d'être là (*being there*), dans l'EV ;
- le fait que l'EV est au « premier plan », c'est-à-dire que les participants ont tendance à réagir aux événements de l'EV plutôt qu'à ceux de l'environnement non virtuel ;
- le fait qu'après avoir utilisé l'EV, les participants se souviennent d'une expérience cohérente et globale (e.g., avoir visité un « lieu »), et non d'une succession d'images générées par un ordinateur (Slater, 1999).

Pour Slater (2003), si l'immersion (physique⁴) renvoie à une description objective liée au système informatique utilisé, le sentiment de présence fait référence au vécu consécutif à l'immersion. Ainsi, un même EV utilisé par différentes personnes peut être caractérisé par des degrés de présence différents, de même que différents EV avec un degré d'immersion physique différent peuvent donner lieu à un même niveau de présence chez différentes personnes. Aussi un degré élevé de sentiment de présence n'implique pas nécessairement un EV fortement immersif (au sens de l'immersion physique) (Mikropoulos & Strouboulis, 2004).

I 1.1.2 Catégorisation des environnements virtuels

Les EV sont souvent catégorisés sur la base des solutions technologiques employées, des modalités d'interaction permises, et des finalités poursuivies (Komis, 2004). Komis et Mikropoulos (2001) identifient quatre grandes catégories d'EV (Tableau 1) à partir des deux premiers éléments : les solutions technologiques et les modalités d'interaction.

⁴ Slater ne distingue pas l'immersion mentale et l'immersion physique. Pour Slater, la notion d'immersion fait référence à la notion d'immersion physique de Sherman et Craig (2003) et la notion de présence (ou sentiment de présence) à celle d'immersion mentale (Sherman & Craig, 2003).

Tableau 1. Catégorisation des EV avec des exemples d'applications.

Catégories de RV	Matériel utilisé	Exemple d'EV
<i>Desktop virtual environment</i>	Souris, joystick, ordinateur	VVProPrepa (Drakos et al., 2021; Hullo et al., 2015)
EV immersifs (<i>Immersive virtual environment</i>)	Visiocasque, gants de données ⁵ (haptiques ⁶), capteurs de position, haut-parleurs	ScienceSpace (Dede, Salzman & Loftin, 1996) ; VICTEAMS (Delmas, 2019; Huguet et al., 2016)
EV par projection (<i>Projection virtual environment</i>)	Visiocasque, gants de données (haptiques), capteurs de position, haut-parleurs, écrans de projection	Robinet Virtuel (Drouin et al., 1997) ; IVS_VDT Platform (Arendarski et al., 2008) OSE ⁷ (Fricoteaux, 2012; Fricoteaux & Thouvenin, 2015, 2013)
Simulateur virtuel (<i>Simulation virtual environment</i>)	Visiocasque, gants de données (haptiques), capteurs de position, haut-parleurs, écrans de projection, ordinateurs.	BirthSIM (Silveira, 2004) SIMUH-Nîmes (Bouchot, 2019; Bouchot & Leblanc, 2019)

La première catégorie correspond aux EV visualisés sur des ordinateurs ou sur écran (*desktop virtual environments*⁸) (Figure 1). Dans ce type d'environnements, l'interaction et la navigation se font principalement avec une souris, un joystick et un clavier. À titre d'illustration, c'est ce type d'EV que de Sousa et al. (2010) ont mobilisé dans leur étude pour la formation des acteurs dans l'industrie hydraulique. L'objectif de cet EV sur ordinateur était de permettre aux opérateurs de réaliser des procédures de conduite, mais aussi de comprendre certains événements en les visualisant, par exemple la dynamique électromécanique de l'ensemble turbine-générateur.



Figure 1. Desktop virtual environment pour la formation dans l'industrie hydraulique (de Sousa et al., 2010, p. 603).

La deuxième catégorie est celle des EV immersifs (*Immersive virtual environments*) qui plongent et enveloppent physiquement l'acteur dans l'EV. L'acteur ne visualise plus que l'EV et est

⁵ Un gant de données est équipé de capteurs et permet à un utilisateur de saisir presque naturellement un objet virtuel et de le manipuler.

⁶ Un dispositif haptique en RV simule le toucher afin de procurer à l'utilisateur un ressenti tactile et une perception kinesthésique.

⁷ OSE : <https://www.youtube.com/watch?v=URjqKRqqdJQ>

⁸ Faute de traduction adéquate en français, nous préférons utiliser le terme anglais *desktop virtual environment* contrairement aux autres catégories qui seront utilisées telles que traduites en français.

Chapitre 1 : Contextualisation de la Recherche

partiellement isolé de son environnement premier. Parmi ces EV, certains mobilisent des casques de RV qui peuvent être équipés d'enceintes et de dispositifs haptiques pour interagir avec l'EV et avoir un retour d'effort. Un tel exemple est l'EV (Figure 2) utilisé pour le projet VICTEAMS qui vise le développement de compétences non-techniques comme le travail en équipe, le leadership, la communication et la gestion du stress lors de situations imprévisibles et urgentes (Huguet et al., 2016).



Figure 2. À gauche : casque et manettes de l'EV VICTEAMS, à droite image visualisée par l'utilisateur © Reviatech et IRBA9.

Dans la troisième catégorie sont regroupés les EV par projection (*Projection virtual environments*) avec le représentant le plus courant de cette catégorie étant le CAVE. L'acteur est doté de lunettes, qui lui permettent de percevoir l'environnement en trois dimensions, et est équipé de capteurs permettant d'identifier son positionnement dans l'espace. Les murs, et parfois même le plafond et le sol, servent d'écran de projection. La plateforme IVS_VDT (Arendarski et al., 2008) illustre ce type d'EV avec deux types de CAVE différents. L'image (a) de la Figure 3 représente un CAVE classique avec projection de l'EV aux murs et au sol. L'image (b) illustre quant à elle l'ElbeDom CAVE permettant une projection de 360° sur sa surface cylindrique.

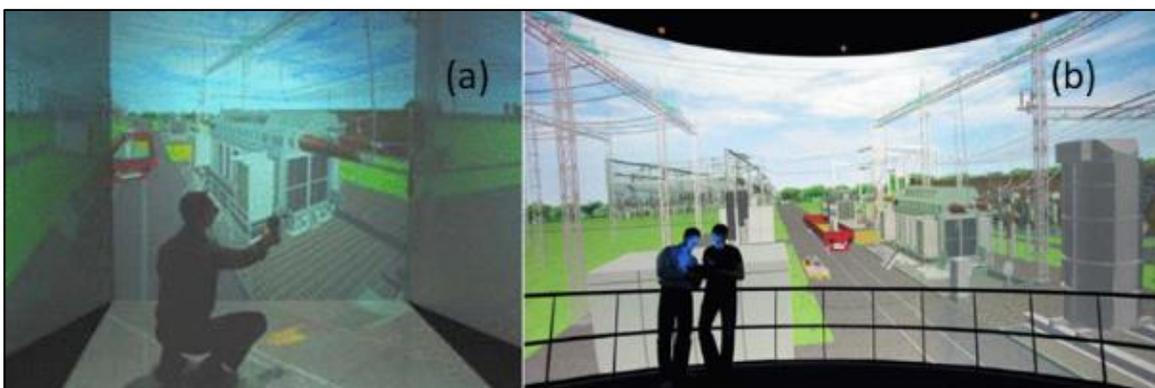


Figure 3. EV IVS_VDT Platform (a) : affichage dans un CAVE classique, (b) affichage 360° dans un CAVE ElbeDom. (Arendarski et al., 2008, p. 484).

⁹ Image de gauche : issue de la vidéo se trouvant au lien suivant : <https://www.youtube.com/watch?v=AEabDyTxxV4> Réalisation de la vidéo IRBA ; ©REVIATCH et IRBA

Enfin, la quatrième catégorie contient les simulateurs virtuels (*simulation Virtual Environment*) avec comme exemple typique les simulateurs de conduite (de vol, de voiture ...) ou les simulateurs dans le domaine médical comme le simulateur BirthSIM (Silveira, 2004) dédié à la formation en obstétrique et en néonatalogie. Ce simulateur est composé d'une partie mécanique et anatomique (enveloppe gonflable et vérin pneumatique) et une partie en RV. Les deux parties (mécanique et virtuelle) sont couplées de façon à reproduire avec le meilleur réalisme possible l'accouchement (Figure 4).



Figure 4. BirthSIM simulateur anatomique-virtuel (Silveira, 2004, p.142).

BirthSIM prend en compte le mouvement de la tête du nouveau-né dans la cavité pelvienne de la mère (partie anatomique du simulateur), ainsi que les efforts liés aux contractions utérines (partie pneumatique du simulateur). L'objectif est d'entraîner à l'accouchement avec des instruments obstétricaux (forceps et ventouse) qui sont souvent utilisés « à l'aveugle » par les apprenants. Ainsi la partie RV du simulateur permet aux apprenants de visualiser l'emplacement des instruments à l'intérieur de la cavité pelvienne de la mère. Aussi, les apprenants combinent les deux parties principales du simulateur. À travers la partie mécanique, ils ressentent les sensations des efforts de traction de la tête du mannequin, ainsi que la compression des muscles pelviens sur la tête du nouveau-né. La partie virtuelle permet l'acquisition d'habiletés motrices concernant l'utilisation des instruments à différents niveaux du bassin, en combinant les sensations corporelles à l'image vue sur l'écran.

Nous retenons des définitions et des caractéristiques attribuées à la RV par la littérature la variété des dispositifs de RV existants. Ceux-ci se positionnent sur un continuum allant de l'immersion physique basse (*desktop virtual environments*) à une immersion sensorielle complète. Mais ces

attributs d'immersion physique liés aux dispositifs technologiques ne préjugent pas pour autant de l'immersion mentale ou du sentiment de présence offerte par ces dispositifs. L'outil de RV au centre de notre recherche rentre dans la catégorie des *desktop virtual environments*. Dans la suite de cette thèse, ce sont bien les EV développés pour ou utilisés en formation qui nous intéressent plutôt que le détail des technologies de RV qui ne sont qu'une composante de ces environnements.

I 1.2 Utilisations des environnements virtuels pour la formation professionnelle

La palette d'utilisation des EV pour la formation professionnelle est large et diversifiée. Dans cette section, nous présentons les travaux portant plus particulièrement sur des EV développés pour ou utilisés en formation professionnelle. Il s'agit donc d'une sous-catégorie d'EV celle des Environnements Virtuels pour l'Apprentissage Humain. Nous précisons les objectifs pédagogiques, modalités d'utilisations, et avantages associés tels que documentés par la littérature. Les exemples utilisés sont issus des travaux portant sur la formation professionnelle dans le secteur industriel, celui de la production d'énergie ou de la gestion des risques. Nous décrivons aussi le cas singulier de Google Maps et de son détournement à des fins d'apprentissage dans la mesure où cet outil présente de nombreuses analogies avec celui étudié dans notre recherche.

I 1.2.1 Intérêts et limites des environnements virtuels dans la formation professionnelle

La conception d'Environnements Virtuels pour l'Apprentissage Humain (EVAH) ou *Virtual Reality Learning Environments* (Huang et al., 2010) a mobilisé de nombreux chercheurs et acteurs industriels. Un EVAH peut se définir comme :

Une application informatique qui utilise les technologies de la réalité virtuelle et qui a pour objet de permettre à des personnes d'apprendre. Il s'agit donc d'environnements virtuels dont la conception a été explicitement orientée vers un type particulier d'usage : celui de l'apprentissage. Il doit rendre l'apprentissage plus facile, plus efficient, plus durable et favoriser son transfert. (Mellet-d'Huart, 2004, p. 24)

Les projets présentés dans cette section correspondent à des EVAH, cherchant à répondre à des objectifs pédagogiques (ou didactiques) spécifiques, et pensés dès leur conception comme des aides aux processus d'apprentissages.

Chapitre 1 : Contextualisation de la Recherche

Le recours à la RV en éducation s'accompagne très souvent de l'hypothèse que cette technologie permet une participation active, des interactions plus riches et plus nombreuses, et une individualisation plus grande de l'apprentissage (Hedberg & Alexander, 1994; Pantelidis, 1993). Mikropoulos (2006a) montre aussi que la représentation graphique d'informations ou concepts, rendue possible par les EV, permet la présentation et compréhension simultanée d'un grand nombre d'informations. Enfin, elle favorise, selon cet auteur, le contrôle et la résolution de problèmes difficilement compréhensibles par une représentation symbolique, et la formulation de nouvelles hypothèses et de nouvelles questions concernant certains phénomènes. De manière générale, la visualisation des mondes virtuels permettrait la découverte, la compréhension, la communication et l'enseignement du contenu souhaité.

La revue de littérature de Dalgarno et Lee (2010) sur les EV immersifs recense différents apports pour l'apprentissage comme : la facilitation de tâches qui mènent à une meilleure représentation spatiale des connaissances ; des opportunités pour de l'apprentissage expérientiel ; une motivation et un engagement accrus ; une meilleure contextualisation de l'apprentissage ; et un apprentissage collaboratif plus riche/plus efficace, par rapport aux tâches rendues possibles par les alternatives bidimensionnelles sur des *desktop virtual environment*.

De nombreux EVAH ont été développés pour la formation des adultes dans une variété de milieux professionnels. Nous pouvons citer le cas de la formation incendie pour les pompiers (Dugdale et al., 2004; El Jed et al., 2004; Pavard & Dugdale, 2002), la formation des pilotes (Grady, 1998/2003) avec le dispositif pionnier de Furness qui a proposé de simplifier l'environnement de formation des pilotes apprentis pour qu'ils n'aient pas besoin de s'approprier et vérifier l'ensemble des éléments du cockpit. Plusieurs applications existent dans le secteur de la santé, notamment pour la formation des chirurgiens (Lewis et al., 2011; Rosen et al., 1996; Soler et al., 2004; Zhang et al., 2003), ou encore pour des rééducations face aux troubles phobiques (Anderson et al., 2013; 2010; North et al., 1998; Wald & Taylor, 2000). Dans le secteur des transports ferroviaires, les EVAH ont également été utilisés pour la formation des conducteurs qui sont parfois amenés à descendre sur les voies afin de vérifier l'état des aiguillages (Lourdeaux, 2001). L'industrie minière a perçu l'intérêt de ces outils pour former et évaluer les nouveaux embauchés (Pedram et al., 2020, 2017) au même titre que l'armée américaine l'a utilisé pour l'acquisition de connaissances spatiales (Singer et al., 1997). Enfin, le secteur de l'énergie (centrales nucléaires, thermiques, hydrauliques) s'est également emparé de cette technologie pour répondre à des problématiques de formation (Arendarski et al., 2008;

Chapitre 1 : Contextualisation de la Recherche

Avveduto et al., 2017; de Sousa et al., 2010; Fréjus, 1999; García et al., 2016; Leder et al., 2019; Matsubara & Yamasaki, 2002; Ródenas et al., 2004; Sebok et al., 2002).

L'utilisation des EVAH en formation professionnelle présente plusieurs avantages qui ont été documentés par la littérature scientifique. Ils permettent aux formateurs de créer des situations d'apprentissage qui dépassent les contraintes liées aux risques et spécificités inhérents à certains métiers ou certaines situations de travail. Ainsi, ils rendent accessibles des lieux et permettent la réalisation d'actions dans des espaces ou avec des matériels qui peuvent être dangereux, par exemple pour la formation des mineurs (Pedram et al., 2020). Ils permettent également d'apprendre des habiletés motrices sans se mettre en danger ou mettre autrui en danger (e.g., chirurgie) (Burkhardt et al., 2005). Il est possible de faire face à des situations inattendues, comme par exemple devoir négocier avec des terroristes qui retiennent des otages (Greengard, 2019; Shawver, 1997). Les EV présentent également l'avantage de permettre l'enrichissement des situations réelles en y ajoutant des éléments pouvant aider les formés (Anastassova, 2006).

Un autre intérêt non négligeable des EV en formation est la possibilité de segmenter des tâches, geler des situations, rejouer des scénarios, mais aussi de fournir des retours d'information (*feedback*) (Barot, 2014; Cardin, 2016; Jeanne, 2017; Lourdeaux, 2001). Le formateur peut individualiser la formation en fonction des connaissances déjà acquises par chacun des stagiaires (Lourdeaux, 2001; Rickel & Johnson, 1997). Par ailleurs, l'enregistrement des séances d'utilisation de l'EV peut être utilisé par les formateurs pour gérer le suivi, ou par les formés pour voir leur évolution et revenir sur certaines erreurs ou difficultés rencontrées (Burkhardt, 2003). La diminution des coûts de certains matériels utilisés en situation de travail est un autre avantage observé (Harders, 2008). Ces EV permettent également la familiarisation avec une situation ou un contexte qu'il n'est pas possible de visualiser (Burkhardt et al., 2005). En effet, les formateurs peuvent utiliser les EV comme une ressource complémentaire pour illustrer des lieux et éléments lors de l'animation de cours (Anastassova, 2006; Fréjus, 1999).

Plusieurs recherches ont été conduites avec comme objectif d'étudier le lien entre les caractéristiques spécifiques des outils de RV (immersion, présence) et les effets en termes d'apprentissage en comparant notamment les apports des outils immersifs et des outils non-immersifs (*desktop virtual environments*). Ces analyses comparatives entre l'utilisation des EV immersifs et celle des *desktop virtual environments* donnent lieu à des résultats très nuancés qui sont difficiles à synthétiser concernant l'apport en termes d'apprentissage. Les travaux tendent à montrer que les EV immersifs peuvent avoir des effets positifs en matière d'apprentissage quand le contenu pédagogique est abstrait (e.g., Adamo-Villani & Wilbur, 2008; Mikropoulos & Natsis,

2011; Winn et al., 2002). À titre d'illustration, Winn et al. (2002) ont comparé l'utilisation d'un *desktop virtual environment* et d'un EV immersif lors d'un cours de géophysique dont l'objectif était d'aborder les phénomènes de mouvement de l'eau des océans et le rôle de la salinité de l'eau de mer. Les résultats indiquent que l'immersion induite par l'EV immersif favorise la compréhension de ce type de processus dynamiques. À l'inverse, les *desktop virtual environments* semblent suffisants pour ce qui concerne la compréhension de processus qui peuvent être représentés statiquement et en deux dimensions. Dans ce cas, les EV immersifs n'apportent pas de plus-value.

La littérature permet d'identifier les situations dans lesquelles l'utilisation des EV est la plus opportune, mais ne fait que trop peu état d'utilisations pédagogiques écologiques de ces EV par les formateurs, et de leur impact sur la transformation de leurs pratiques professionnelles. Sur ce point, Fréjus (1999) a exploré le potentiel de l'utilisation des EV pour la formation du personnel de maintenance des centrales nucléaires à la détection des défauts des vannes. Elle a comparé l'activité d'enseignement des formateurs dans deux environnements de formation, l'un traditionnel avec le support de diapositives et l'autre soutenu par les technologies de RV. Les résultats indiquent que les deux configurations de formation avaient la même structure globale dans la mesure où l'activité du formateur était plus opportuniste que prévu, adaptant son travail à l'activité des stagiaires. Les diapositives étaient utilisées pour illustrer plutôt qu'expliquer, alors que la configuration RV avait ouvert un champ d'utilisation beaucoup plus large (par exemple, assurer la transition d'un sujet à un autre, résoudre des problèmes de compréhension, fournir des indices pour les réponses, développer ou confirmer la réponse d'un stagiaire, illustrer sous différents angles, localiser un composant et ses connexions avec un autre, commenter plutôt qu'expliquer, etc.) (Drouin et al., 1997; Duwing et al., 2010).

Certains auteurs ont déjà montré que l'utilisation des EV s'accompagne d'une transformation du rôle du formateur, qui reste pour autant toujours aussi crucial (Keating et al., 2002; Martínez-Graña et al., 2014; Mikropoulos et al., 2003; Napieralski et al., 2014). Les limites des EV, comme une perception biaisée de la distance, justifient l'importance du rôle du formateur. En effet, la perception de l'espace est biaisée dans les environnements virtuels, les distances inférieures à deux mètres étant en effet surestimées et celles supérieures à trois mètres étant sous-estimées (Loomis et al., 1996). De fait, les personnes qui naviguent dans un environnement réel ont plus de facilités à estimer des distances et à s'orienter dans ce dernier (Thorndyke & Hayes-Roth, 1982). La présence et l'accompagnement d'un formateur deviennent donc très importants pour

pallier à cette limite, en précisant la distance à laquelle les personnes se trouvent de l'objet perçu dans l'EV.

Plusieurs projets de conception intègrent également les formateurs dès la phase de conception d'un EVAH, soit pour alimenter le contenu et la scénarisation¹⁰ du dispositif, soit, à l'instar de l'étude de Delgoulet et al. (2017), pour participer à son évaluation, puisqu'ils sont directement ou indirectement des utilisateurs finaux de ces EVAH. Cependant, il y a beaucoup moins d'études qui s'intéressent à la façon dont cet outil sera approprié et utilisé par ce dernier après sa conception.

I 1.2.2 Les apprentissages et entraînements visés par les environnements virtuels dans la formation professionnelle

Les objectifs d'apprentissage visés par les EVAH dans le cadre des formations professionnelles sont variés (Burkhardt, 2010; Burkhardt et al., 2006; Farmer et al., 1999; Mellet-d'Huart, 2009).

Parmi ces objectifs, on retrouve notamment :

- (i) L'apprentissage et l'entraînement de procédures
- (ii) L'apprentissage et l'entraînement d'habiletés motrices
- (iii) L'entraînement au commandement, à la prise de décision et à la gestion de crise
- (iv) L'apprentissage de concepts théoriques et/ou abstraits
- (v) L'apprentissage spatial.

Apprentissage et entraînement de procédures

Plusieurs EVAH visent l'apprentissage de procédures, c'est-à-dire un enchaînement d'actions à réaliser pour atteindre un but précis. Nous retrouvons de tels exemples dans la maintenance industrielle (Lourdeaux, 2001; Zhong et al., 2003). L'EV *Virtual Environment for Training* (VET) (Johnson & Rickel, 1997; Rickel & Johnson, 1997) en fait partie. Il a été conçu pour la conduite et la maintenance de compresseurs et il permet d'illustrer les tâches de la procédure et leur enchaînement, qui sont ensuite reproduites par l'apprenant. Il est également intéressant de noter que les chercheurs de la NASA ont été parmi les premiers à mettre en place, dès 1994, un EV pour la formation de procédures destinée à l'équipe en charge de la réparation du télescope Hubble (Loftin et al., 1994). Cette formation s'appuyait sur *Hubble Space*

¹⁰ Scénarisation pédagogique : Henri, Compte et Charlier (2007) définissent la scénarisation pédagogique comme « un travail de conception de contenu, d'organisation des ressources, de planification de l'activité et des médiations pour induire et accompagner l'apprentissage, et d'orchestration, c'est-à-dire d'intégration des contributions des différents spécialistes qui travaillent à la conception et à la réalisation du scénario dans l'environnement numérique » (Henri et al., 2007, p. 18)

Telescope, un EV constitué d'un casque 3D et de capteurs audio et de reconnaissance de gestes. L'objectif de cette formation était double : permettre aux formés de prendre connaissance de la configuration du télescope, mais aussi de s'entraîner aux procédures à suivre pour le réparer (Loftin et al., 1994). Burkhardt et al. (2006) soulignent que ce dispositif était pionnier non seulement dans l'usage de la RV pour la formation, mais aussi par le fait que le scénario pédagogique avait été conçu à partir d'une analyse de l'activité.

Le secteur de l'énergie nucléaire fait aussi l'objet d'apprentissage de procédures. Matura et Yamasaki (2002) ont ainsi étudié un EV qui porte sur des procédures de conduite d'une centrale nucléaire. Les résultats de cette étude suggèrent que cet EV, qui intègre un système de tutorat intelligent, favorise la créativité et la capacité d'adaptation, mais encourage également la découverte de l'environnement d'une salle de commande. Arendarski et al. (2008) ont étudié l'utilisation de la plateforme *Interactive Visualizing System for Virtual Development and* (IVS_VDT Platform) par des stagiaires. Cet EV, visant à former les opérateurs devant déconnecter un transformateur du réseau électrique et le préparer pour son transport, est constitué d'un scénario construit autour des différentes étapes à suivre et s'appuyant sur une modélisation du transformateur et de l'installation (Figure 5). Plusieurs modalités de réalisation la procédure sont rendues possibles, plus ou moins guidées par l'EV.

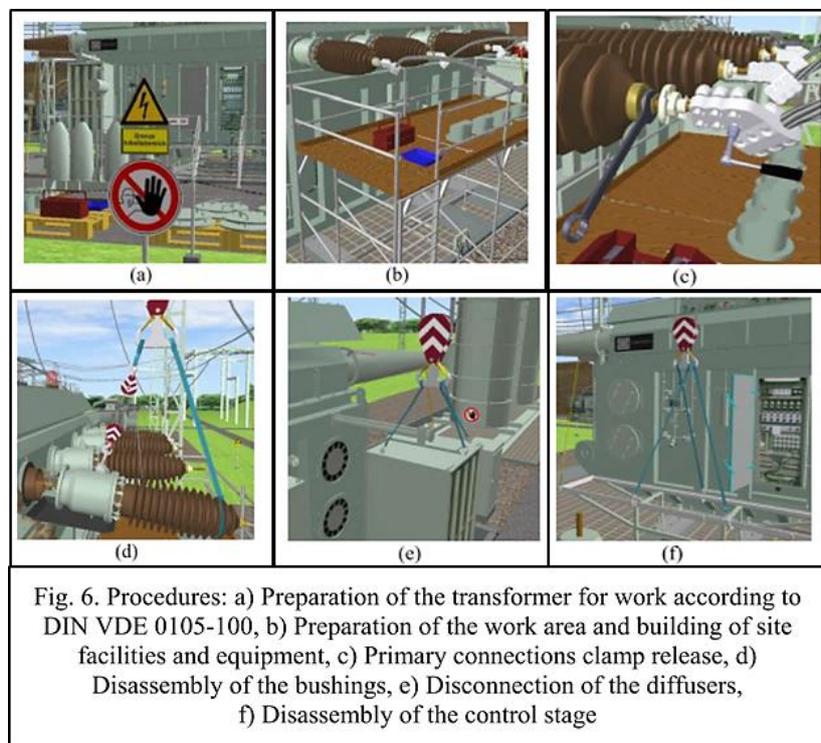


Figure 5. Étapes à suivre pour déconnecter le transformateur du réseau électrique (Arendarski et al., 2008, p.486).

La Figure 6 présente les quatre modes différents qui sont (i) exploration/découverte de la procédure, (ii) présentation de la procédure, (iii) réalisation guidée de la procédure, et (iv) réalisation « libre » de la procédure sans aide perceptif par l'EV. Dans le premier mode, les étapes de la procédure sont illustrées par l'EV ainsi que des informations supplémentaires sont données. Dans le deuxième mode, les stagiaires réalisent eux-mêmes la procédure, mais avec une aide de l'EV (*feedback*), notamment concernant l'enchaînement des différentes étapes de la procédure. Dans le troisième mode, les stagiaires sont beaucoup moins guidés, même si l'EV peut indiquer certaines aides notamment en cas d'erreur. Dans le quatrième mode, les stagiaires doivent réaliser la procédure sans aucune aide.

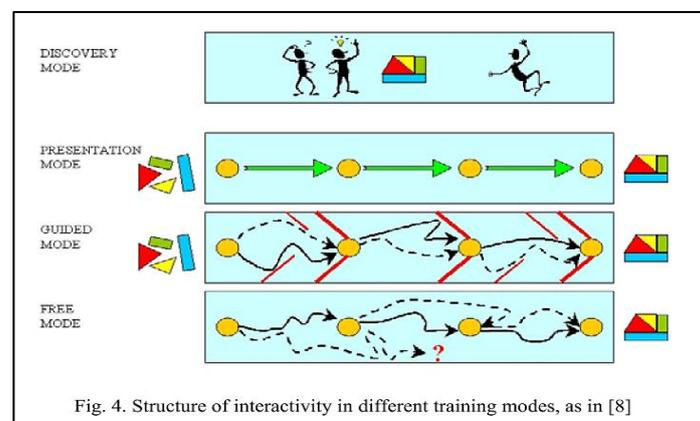


Figure 6. *Quatre modes de réalisation de la procédure dans l'EV IVS_VDT Platform (Arendarski et al., 2008, p.485).*

Apprentissage et entraînement d'habiletés motrices

La motricité est un élément qui a été exploité dès les premières applications de RV pour l'apprentissage. Les EV de RV permettent d'apprendre et s'entraîner à des habiletés motrices sans les inconvénients du danger, des coûts et de la rareté de certaines situations de travail. Ces EV peuvent également être équipés pour permettre des retours sensorimoteurs. Plusieurs applications existent, dont la plus populaire est probablement celle du *CS Wave* (Figure 7) qui a été conçue pour la formation au soudage (Da Dalto, 2004; Mellet-d'Huart, 2004). Cet EV permet à l'apprenant d'acquérir le mouvement corporel précis en le décomposant, en simplifiant son contexte d'exécution, et en apportant des retours d'information (*feedback*) en temps réel (Mellet-d'Huart, 2006).



Figure 7. CS WAVE pour l'apprentissage des habiletés motrices de soudage (Mellet-d'Huart, 2006, p. 267).

Des applications visant l'apprentissage et l'entraînement d'habiletés motrices fines et complexes sont également développées dans le secteur de la chirurgie (Lewis et al., 2011), par exemple l'application de la réalité augmentée pour la chirurgie abdominale (Soler et al., 2004) où des mouvements précis sont primordiaux et les erreurs peuvent avoir des conséquences graves.

L'EV Periosim (Steinberg et al., 2003, 2007) a été conçu pour former aux habiletés motrices des étudiants en médecine dentaire concernant la parodontie dans différentes situations (dent normale, présence de pathologie, réalisation de diagnostic et traitement des cas). Cette formation vise à permettre aux futures dentistes de détecter du tartre sous-gingival et à ressentir les rugosités sur la surface d'une racine dentaire à l'aide d'une sonde parodontale (Figure 8).

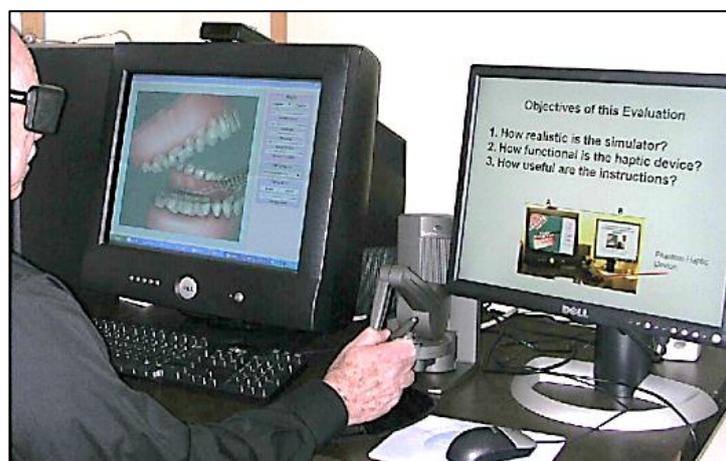


Figure 8. EV Periosim pour la formation aux habiletés motrices en médecine dentaire (Steinberg et al., 2007, p. 1576).

Cornier (2012) souligne un grand avantage de cet EV haptique : il permet d'enregistrer les mouvements (avec la position et la force) de l'utilisateur et de les rejouer. Ainsi, il est possible pour un enseignant d'enregistrer un enchaînement de mouvements, qui pourront servir par la suite aux étudiants pour apprendre et s'entraîner sur ces mouvements. L'EV contient trois différents modes pour l'apprentissage et l'entraînement. Le premier permet de voir le mouvement de l'instrument dentaire, tel que réalisé par l'enseignant, sur l'écran. Le deuxième mode permet non seulement de voir, mais aussi de ressentir physiquement les mouvements de l'instrument à partir du stylet relié à un bras de retour d'effort, tel qu'ils ont été réalisés par l'enseignant. Enfin, le troisième mode permet d'évaluer les différents mouvements des formés par comparaison aux mouvements réalisés par l'enseignant.

Entraînement à la prise de décision et à la gestion de crise

La troisième classe d'objectifs d'apprentissage et d'entraînement poursuivis par les EV consiste à confronter les apprenants à des situations dans lesquelles ils sont amenés à prendre des décisions (souvent dans l'urgence) ou à se coordonner, à travailler en équipe dans des situations imprévues, d'urgence, ou de crise. Par exemple, VICTEAMS vise à préparer le commandement du personnel médical et de secours à gérer des situations urgentes ainsi que le développement de compétences non-techniques (ou relationnelles) : travail en équipe, leadership, communication, ou encore gestion du stress (Huguet et al., 2016). Nous pouvons également citer VRaptor (Figure 9) qui vise à entraîner les forces de l'ordre et les groupes d'intervention ayant à faire face à des situations de prise d'otage. Cet EV permet l'interaction avec différents rôles comme terroriste ou otage. Les apprenants doivent réaliser différentes actions telles que lancer des grenades paralysantes, pénétrer et sécuriser des pièces en prenant garde à l'ouverture des angles, évacuer des occupants, ou encore neutraliser les assaillants ou preneurs d'otage (Shawver, 1997).



Figure 9. EV VRaptor (Shawver, 1997, p. 172).

D'autres environnements comme SécuRévi (Querrec, 2003; Querrec et al., 2003) visent la formation à la prise de décision et au commandement des officiers sapeurs-pompiers qui doivent, lors des interventions, gérer, commander, et coordonner des équipes. SécuRévi permet aux formés de prendre en compte et de manipuler leur environnement physique (phénomènes physiques) et leur environnement social (équipe de pompiers) (Querrec et al., 2003). Dans cette catégorie, on retrouve également les applications qui visent la gestion de situations difficiles et stressantes (Marsella et al., 2003; Schott, 2017). L'EV *Carmen's Bright IDEAS* permet de se mettre « dans la peau » d'un personnage et d'interagir avec les autres personnages qui sont réalisés par des agents autonomes (Marsella et al., 2003). À travers cet outil, des parents peuvent par exemple s'entraîner à accompagner leur enfant lorsque ce dernier est atteint d'un cancer. Ces dispositifs, même s'ils ne sont pas destinés à une formation professionnelle dans le milieu industriel, sont intéressants, car ils illustrent des dispositifs favorisant le développement de compétences émotionnelles.

Apprentissage de concepts théoriques ou abstraits

Au même titre que les multiples applications en contexte scolaire, la RV est également utilisée en formation professionnelle pour aider l'acquisition/appropriation de concepts théoriques ou abstraits. Ainsi, plusieurs EV, même s'ils n'ont pas été conçus pour favoriser l'apprentissage de concepts théoriques, peuvent en faciliter la compréhension. Cet objectif viendra souvent seconder l'apprentissage des procédures qui, pour être réalisées, nécessitent de (ou sont considérées comme nécessitant de) mobiliser des connaissances théoriques. Certains EV, destinés à la fois à la formation des novices et des professionnels plus expérimentés, proposent ainsi différents modules plus ou moins avancés, intégrant ou non des explications de concepts théoriques (e.g., Arendarski et al., 2008; Matsubara & Yamasaki, 2002). L'utilisation de la RV pour l'apprentissage ou l'appropriation de concepts théoriques renvoie également aux situations où les formateurs utilisent l'EV, afin d'illustrer et expliquer des phénomènes ou le fonctionnement d'organes qui sont difficilement compréhensibles. Une telle utilisation peut notamment avoir lieu pour expliquer des phénomènes qui ne sont pas visibles à l'œil nu, soit parce qu'ils sont (i) macroscopiques ou microscopiques (e.g., mouvement de molécules) ou (ii) très rapides ou très lents (Cormier, 2012; Lourdeaux, 2001). Les phénomènes électromécaniques dans les turbogénérateurs des centrales nucléaires auxquels les opérateurs doivent être formés en sont un exemple (de Sousa et al., 2010).

L'EV *IVS_VDT* déjà cité et dont le principal objectif est de former ou d'entraîner les opérateurs à la déconnexion d'un transformateur du réseau électrique (Arendarski et al., 2008), permet

également une compréhension de la constitution et du fonctionnement théorique du transformateur. Les stagiaires peuvent visualiser des choses qui ne sont pas visualisables à l'œil nu : la constitution interne du transformateur. Pour cela, l'EV s'appuie sur des photos et des schémas permettant de comprendre le positionnement et le fonctionnement du transformateur, et de ses différents composants (Figure 10).

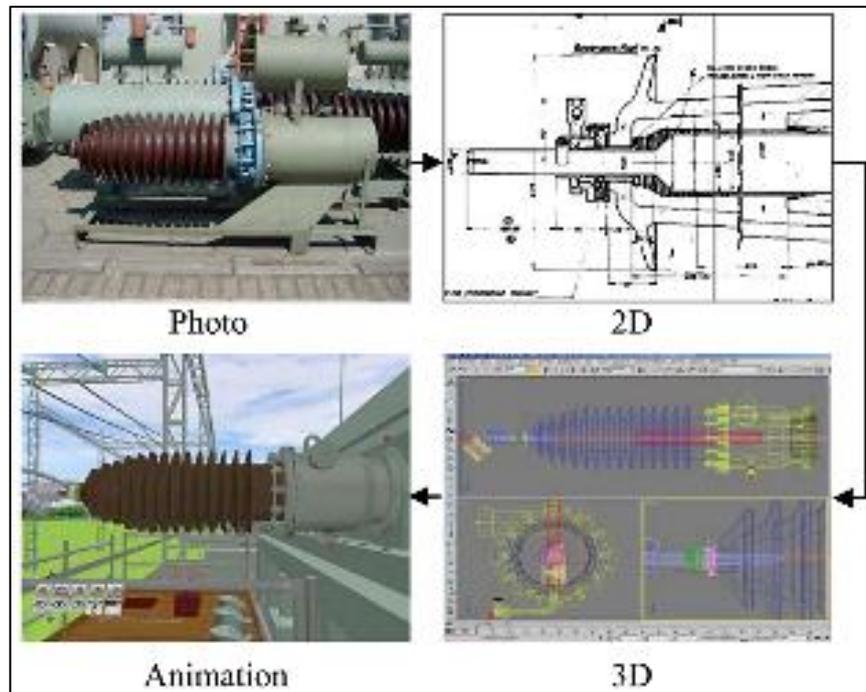


Figure 10. Modélisation de l'EV IVS_VDT à partir de photos et schémas (Arendarski et al., 2008, p.485).

L'EV du projet CIPRES (Figure 11) est une illustration de l'aide que peut constituer la RV pour l'apprentissage de notions abstraites, telle que la dosimétrie liée à des opérations de rechargement de combustible (Ródenas et al., 2002, 2004). L'EV en question indique les doses reçues de manière instantanée par l'utilisateur (à l'endroit où il se trouve), mais aussi de manière cumulée au cours de l'intervention reproduite. En pouvant suivre en quasi-temps réel l'augmentation de leur dosimétrie, les formés s'entraînent à réaliser l'intervention le plus rapidement possible et en limitant leur exposition aux radiations (Ródenas et al., 2004).

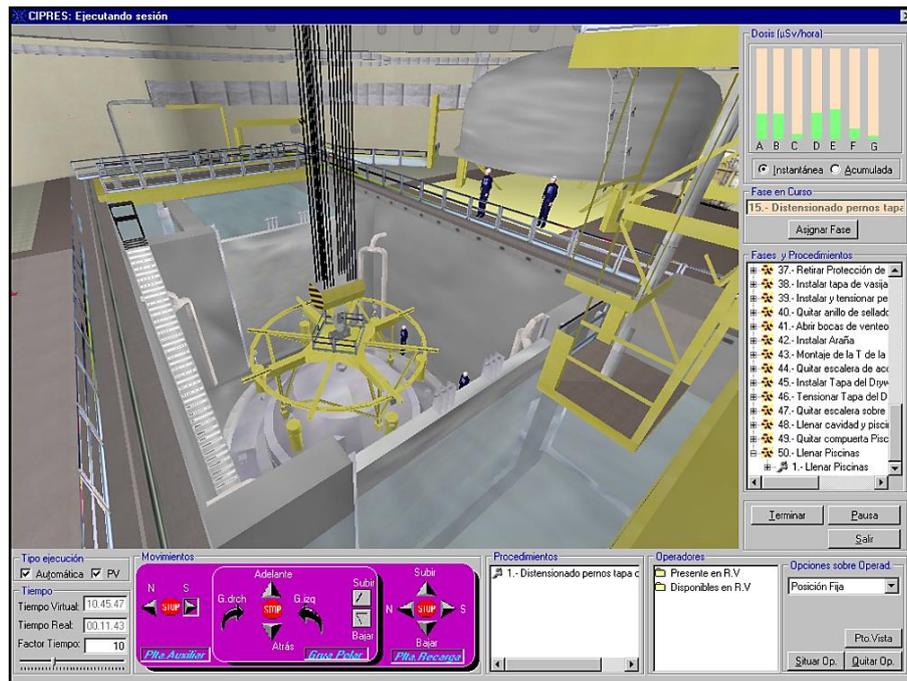


Figure 11. CIPRES EV illustrant la dosimétrie liée à des opérations de rechargement de combustible (Ródenas et al., 2002)

Apprentissage spatial

Un autre objectif est celui des applications qui visent un apprentissage spatial d'un lieu ou d'un bâtiment. La capacité ou l'apprentissage spatial (*spatial ability*¹¹) d'après McGee (1979) se traduit par deux composantes : la visualisation spatiale (*spatial visualization*) et l'orientation spatiale (*spatial orientation*). Nous citerons les travaux de Tüzün et Özdingç (2016) portant sur utilisation d'un environnement de RV pour l'apprentissage spatial des locaux d'une université par les étudiants de première année. Leurs travaux montrent qu'un EV peut accélérer le processus de développement de l'apprentissage spatial.

Les EV peuvent également être une aide pour la formation des pompiers qui doivent entrer et progresser dans des bâtiments peu familiers pour effectuer des sauvetages. Bliss et al. (1997) se sont intéressés à un dispositif de RV pour la formation à la navigation dans des bâtiments inconnus et complexes. L'objectif de cette étude était de comparer la formation utilisant un EV de RV et une formation à partir de cartes papier (2D). Même si les résultats ne montrent pas de

¹¹ Les notions de *spatial visualization* et *spatial orientation* sont définies par l'auteur comme « spatial visualization refers to the ability 'to mentally rotate, manipulate, and twist two and three dimensional stimulus objects. Spatial orientation involves "the comprehension of the arrangement of elements within a visual stimulus pattern, the aptitude to remain unconfused by the changing orientations in which a spatial configuration may be presented, the ability to determine spatial orientation with respect to one's body" (McGee, 1979) » (cité par Cantürk-Günhan et al., 2009, p. 152-153).

différence significative entre les deux situations de formation, ce type de dispositif reste intéressant pour apporter de la variété dans la formation des pompiers (Bliss et al., 1997).

Tsai et al. (2013) ont également cherché à comparer l'utilisation de cartes 2D électroniques (e-Maps) et un outil de réalité augmentée « *AR-based escape guidelines* » (Figure 12). Dans leur cas, la formation concernée portait sur l'évacuation d'un site nucléaire du Japon. Ces derniers cherchaient à identifier l'application de navigation la plus adaptée pour apprendre aux participants à cheminer jusqu'au refuge le plus proche. Les résultats mettent en avant que lorsque les participants ne connaissent pas l'itinéraire entre le site de départ et le refuge, les consignes d'évacuation basées sur la réalité augmentée s'avèrent plus efficaces que les e-Maps. Ceci s'explique d'après eux par les instructions données en temps réel sur la réalité augmentée (Tsai et al., 2013).

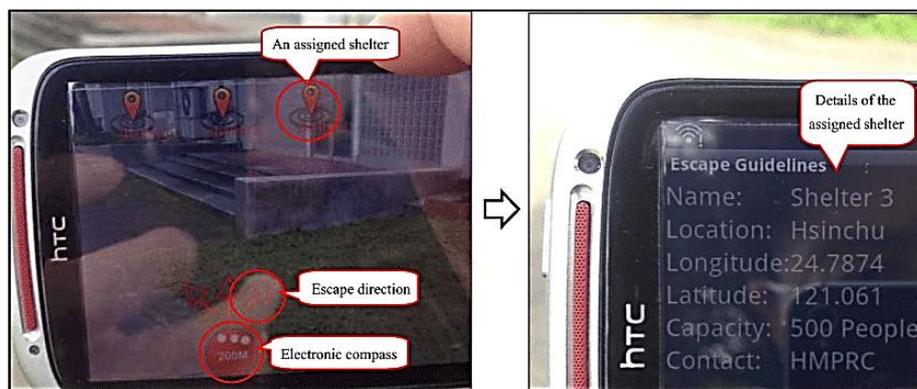


Figure 12. Dispositif de réalité augmentée pour réaliser le cheminement jusqu'au refuge (Tsai et al., 2013)

I 1.2.3 Le cas particulier de Google Maps : un EV détourné pour l'apprentissage scolaire

Google Maps¹² est un EV qui présente plusieurs analogies à celui étudié dans notre recherche : des fonctionnalités similaires basées sur des données spatiales et une conception pas pensée pour des usages d'apprentissage.

Cette application grand public offre (i) une vue sous la forme de plans (*maps*) (image a, Figure 13), (ii) une vue du ciel avec des images satellites (*satellite imagery*) (image b, Figure 13), (iii) une vue hybride (*hybrid maps*) (image c, Figure 13) combinant des informations telles que les

¹² Pour la présentation des travaux de la littérature, nous n'allons pas faire systématiquement la différence entre les applications Google Street View et Google Earth.

Chapitre 1 : Contextualisation de la Recherche

noms des rues sur les images satellites, ou encore (iv) une vue de piéton avec « street view » (image d, Figure 13).

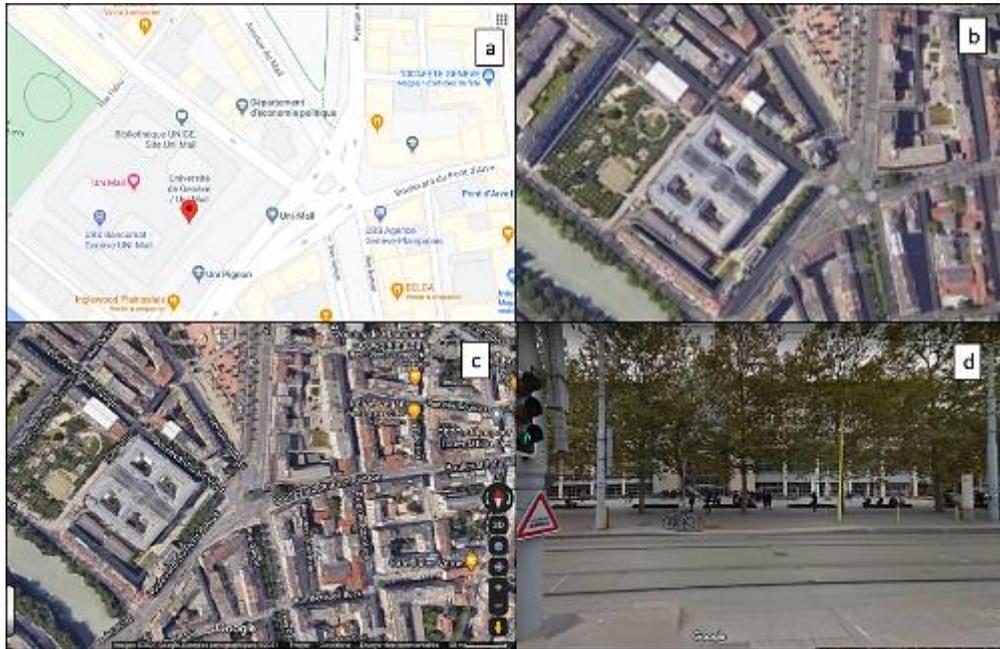


Figure 13. Différentes vues de Google Maps (a) vue plan, (b) images satellites, (c) vue hybride, (d) « street view ».

La navigation peut s'effectuer soit par téléportation d'une photo sphérique à une autre (« click-to-go ») dans street view (Angelov et al., 2007, p. 35) soit par un déplacement sur la carte à l'aide de la souris et de la fonctionnalité permettant de zoomer.

Google Earth est utilisé en éducation dans plusieurs disciplines, comme la géographie, les sciences de la terre, les sciences de l'ingénieur, ou encore l'histoire (Bellou, 2009; Islami, 2018; Lamb & Johnson, 2010; Martínez-Graña et al., 2013; Patterson, 2007; Wells et al., 2009). Plusieurs études font état d'effets positifs en termes d'apprentissage (Bodzin & Cirucci, 2009a, 2009b; Inuma, 2016; Lamb & Johnson, 2010; Patterson, 2007).

Parmi l'abondance de projets recensés dans la littérature, nous présentons brièvement ici deux approches : une première approche considérant Google Maps comme un outil en support des apprentissages en géologie pour des étudiants en sciences de la terre (Martínez-Graña et al., 2014), et une seconde s'intéressant aux effets de l'usage de cet EV sur la motivation des élèves (Carbonell-Carrera & Saorín, 2017; Zhong et al., 2009).

En géologie, l'intérêt de la démarche de Martinez-Grana et al. (2014) est de proposer une utilisation de Google Earth articulée avec d'autres ressources pédagogiques pour proposer une situation d'apprentissage étendue qui ne se limite pas à l'utilisation de cet EV.

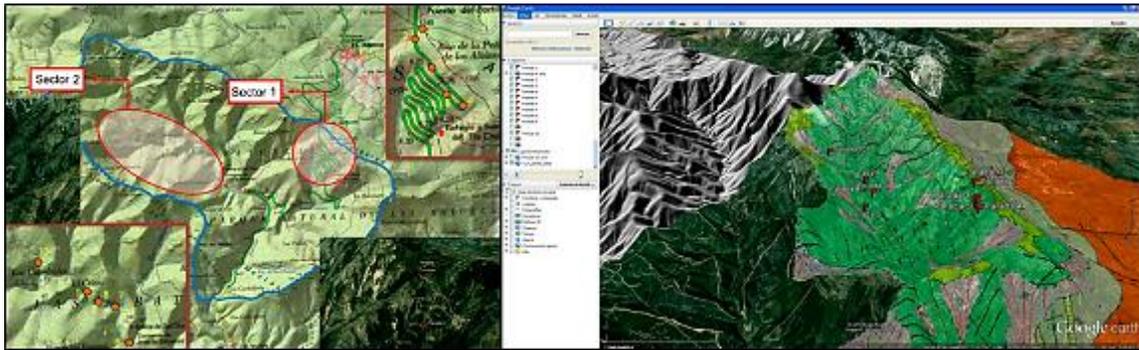


Figure 14. Points d'intérêt représentant des sites géologiques pertinents dans la vallée des Batuecas (Martínez-Graña et al., 2014, pp. 8570-8571).

L'utilisation de Google Earth dans le cadre de cet enseignement consiste à réaliser un itinéraire dans une zone géographique et sur des sites géologiques présentant des points d'intérêt relatifs au cours. (Figure 14). Pour réaliser l'itinéraire d'un point d'intérêt à un autre, les élèves s'appuient sur un carnet de terrain (Figure 15), avec des questions guidant la compréhension à chaque étape et des descriptions graphiques ou des photographies pour illustrer certains phénomènes géologiques.



Figure 15. Carnet de terrain utilisé pour guider l'itinéraire et éléments à observer à chaque point d'intérêt (Martínez-Graña et al., 2014, p.8580).

Pour notre travail, nous retenons des résultats de cette étude que la vue en survol facilite l'apprentissage/appropriation de l'itinéraire et permet une compréhension par une vue tridimensionnelle des différentes couches de l'environnement naturel (Martínez-Graña et al., 2014). Nous notons aussi la démarche pédagogique consistant à articuler l'usage de l'EV avec une enquête matérialisée par un carnet de terrain.

Deux études ont investigué la question de la motivation des élèves suscitée par l'utilisation de Google Street en cours. L'étude de Zhong et al. (2009) a porté sur la recherche d'itinéraire (*wayfinding*) d'élèves utilisant Google Street View avec des lunettes de RV 360° et un joystick. Les résultats de cette recherche pointent que l'utilisation de Google Street View dans le cadre de l'apprentissage spatial, favorise la motivation des étudiants ainsi que l'apprentissage spatial lié à

la navigation et le *wayfinding*. Selon eux, l'application Google Street View présente différents avantages et peut être une aide dans le cadre de l'éducation géospatiale (Zhong et al., 2009). Cependant, une limite de cette étude est qu'elle ne documente pas comment et en quoi le sentiment de présence et/ou la motivation favorisent l'apprentissage des élèves. Carbonell-Carrera et Saorin (2017) se sont également intéressés à la motivation, considérée comme un facteur déterminant pour l'apprentissage spatial d'étudiants utilisant Google Street. Dans cette étude, les étudiants étaient munis de lunettes 3D, de leur téléphone portable et d'un joystick pour se déplacer dans l'EV dans lequel ils devaient retrouver leur chemin. Les résultats indiquent une augmentation de la motivation (mesurée avec l'*Intrinsic Motivation Inventory*) lors de l'usage de ce dispositif. Cependant comme pour l'étude précédente, le lien entre la motivation et l'apprentissage spatial des apprenants n'est pas documenté empiriquement. Ainsi, même si ces études soulignent bien un effet positif de Google Street View sur la motivation, ces résultats ne sont pas significatifs en ce qui concerne les effets positifs sur la construction de connaissances spatiales.

L'analyse de la littérature portant sur les utilisations de Google Maps pour l'éducation met en lumière que les études n'ont pas systématiquement examiné les apports de cette application en termes d'apprentissage, ou alors uniquement de manière indirecte. En effet, d'autres dimensions sont investiguées comme le sentiment de présence ou la motivation. Si quelques études, encore peu nombreuses, semblent indiquer que l'utilisation d'un environnement sphérique-panoramique (*spherical panoramic environment*) (Napieralski et al., 2014) tel que Google Maps est favorable pour l'acquisition de savoirs théoriques (Martínez-Graña et al., 2014) ou pour l'apprentissage spatial (Darken & Cevik, 1999), à notre connaissance, il n'y a pas d'études qui se sont spécifiquement intéressées à l'utilisation de tels environnements pour la formation professionnelle.

I 1.3 Les limites des connaissances existantes sur les environnements virtuels dans la formation professionnelle et l'intérêt d'une approche de l'activité

Les travaux précités présentent un certain nombre de limites, identifiées et partagées par les auteurs qui se sont intéressés au processus d'apprentissage lors de l'utilisation et la conception d'EV pour la formation professionnelle.

I 1.3.1 Les environnements virtuels à l'épreuve de l'activité d'apprentissage et de formation : un angle mort de la recherche

Les EV pour la formation ont peu été étudiés du point de vue de l'expérience des apprenants ou des formateurs. Les limites essentielles des études sont de notre point de vue (i) un manque d'accès systématique et méthodique à l'expérience vécue des apprenants (*learner-experience*) et des formateurs ; (ii) une focalisation excessive sur les caractéristiques techniques des EV au détriment d'une prise en compte élargie de l'environnement de formation de manière située; (iii) une approche désincarnée des processus d'apprentissage et une focalisation sur l'acquisition de connaissances ou compétences prédéterminées, ne permettant pas de rendre compte de l'ensemble des transformations et apprentissages pouvant surgir en situation de formation.

La première limite concerne l'absence d'analyse systématique et méthodologiquement fondée de l'expérience vécue des acteurs (formés et formateurs) dans le cadre de la documentation des apprentissages. Bétrancourt (2014) précise que les recherches ayant une approche factorielle (notamment les approches cognitives), considèrent la subjectivité de l'individu comme « un obstacle à l'analyse scientifique » (Bétrancourt, 2014, p. 155). En effet, même si des recherches ayant une approche factorielle, comme celle de Pedram et al. (2020), argumentent en faveur d'un cadre d'analyse plus large dépassant les caractéristiques de la RV et croisant plusieurs variables (e.g., l'expérience antérieure du stagiaire d'utilisation de cette technologie ; l'état d'esprit du stagiaire au moment de l'utilisation de l'EV en termes de motivation, d'enthousiasme, de compétition ; les caractéristiques de la RV en termes de réalisme et co-présence ; l'apprentissage à partir des notions de *flow*, d'immersion, de sentiment de présence ...), les résultats ne permettent pas de documenter un accès méthodique à l'expérience vécue des acteurs qui permet d'éclairer les processus complexes tels que l'apprentissage. De plus, les résultats obtenus par ces recherches sont appauvris par l'absence de documentation précise de la nature des connaissances acquises lors des situations de formation, des processus de construction de ces connaissances, ainsi que les éléments ayant participé/favorisé/permis leur construction. Pour cela, il nous semble essentiel d'opter pour une approche théorique et méthodologique permettant d'accéder de manière précise et systématique l'expérience vécue des acteurs, leur interaction avec l'environnement, ou encore les éléments significatifs pour eux dans leur activité en situation de formation, lorsqu'un EV est mobilisé.

La deuxième limite concerne la prise en compte de certaines caractéristiques du dispositif au détriment de l'ensemble de l'environnement dans lequel se déroule la formation. En effet,

plusieurs des recherches présentées étudiant l'effet des EV pour l'apprentissage se focalisent uniquement sur les caractéristiques de l'EV telles que l'immersion, l'interaction, la présence excluant les autres éléments de l'environnement (Thouvenin, 2009). Cependant, comme le soulignent Damşa et ses collègues (2019), une approche écologique de l'apprentissage permet de prendre en compte l'ensemble de l'écosystème (Hutchins, 2010). Assumer qu'étudier certaines des caractéristiques de l'EV suffit pour documenter le processus d'apprentissage revient à nier le caractère situé de l'apprentissage (Lave, 1988; Lave & Wenger, 1991; Suchman, 1987). Or l'activité est indissociable de la situation dans laquelle elle prend forme. Elle s'ajuste à l'environnement culturel, spatio-temporel et organisationnel dans lequel elle se déploie. Pour la documenter, il est impossible de ne pas prendre en compte ses liens avec l'histoire des relations entre les acteurs et l'EV, mais également le fait qu'elle s'organise dans un environnement spécifique, constitué de caractéristiques spécifiques. Par ailleurs, en s'intéressant à l'ensemble de l'environnement il devient possible de concevoir/améliorer non seulement à l'EV, mais aussi la situation de formation dans laquelle il s'insère. Amadiou et Tricot (2014) soulignent sur ce point qu'il est essentiel de penser la scénarisation de l'EV (quand il est possible d'y apporter des contributions pendant la conception et d'y faire des modifications), mais qu'il est tout aussi important de porter une réflexion sur la conception et la scénarisation pédagogique de la situation de formation dans sa globalité, dont l'EV n'est qu'une composante parmi d'autres. Aussi, nous faisons l'hypothèse comme Amadiou et Tricot (2014) qu'il est indispensable de s'intéresser au « scénario pédagogique » et à l'ensemble de l'environnement de formation qui intègre l'EV. Pour le dire autrement, nous considérons qu'il est tout aussi important de s'intéresser à l'activité des formés qu'à l'activité des formateurs, ceci dans l'objectif de concevoir non pas des EV de formation ou pour l'apprentissage, mais des écosystèmes formatifs conçus en termes d'aide et basés sur des agencements complexes entre activité des formateurs, activité des formés, un environnement entendu, et des dispositifs d'EV.

La troisième limite est celle d'une évaluation des apprentissages ne prenant pas en compte le caractère incarné de l'activité humaine. L'apprentissage est incarné, c'est-à-dire que la cognition « dépend des types d'expérience qui découlent du fait d'avoir un corps doté de diverses capacités sensorimotrices ... [qui] s'inscrivent elles-mêmes dans un contexte biologique, psychologique et culturel plus large » (Varela et al., 1993, p. 234). Selon le principe de l'enaction (Maturana & Varela, 1987), l'activité est une co-émergence entre un individu (l'acteur) et un environnement. Elle est donc « énoncée ». Cependant, c'est l'acteur qui détermine les éléments de l'environnement qu'il prend en compte à chaque instant. Ainsi, pour comprendre l'activité il faut

examiner comment l'acteur, percevant les éléments de son environnement, guide ses actions dans des situations que son activité même contribue à construire (Varela, 1989). Ainsi, à partir de ce postulat, il devient possible d'étudier la diversité des apprentissages et des connaissances construites lors des situations de formation (pré-établies ou émergentes, symboliques ou non-symboliques, abstraites ou sensibles, ...). Par ailleurs, analyser l'activité dans sa totalité et sa complexité permet (sans se focaliser sur l'apprentissage) de mettre en lumière des transformations de l'activité des stagiaires ou des formateurs qui peuvent révéler une construction ou un renforcement de connaissances (non prévues par le formateur), mais également des affaiblissements ou déconstruction de connaissances antérieures qui sont des transformations tout aussi importantes pour la formation et la conception.

I 1.3.2 Les approches centrées sur l'activité pour explorer les situations de formation intégrant des environnements virtuels

Les démarches ergonomiques constituent une piste opportune pour étudier les effets des dispositifs médiatisés pour l'apprentissage en permettant d'éviter deux positions antinomiques : holistique d'une part, factorielle d'autre part (Bétrancourt, 2014). La position holistique postule qu'un dispositif dépend de différentes dimensions et qu'il serait futile de les étudier de manière isolée, tandis que la position factorielle implique de prendre en compte une multitude de facteurs afin d'en croiser les variables (Pedram et al., 2020).

D'après Bétrancourt (2014), la distinction entre ces deux positions repose sur des éléments épistémiques, puisque « dans le premier cas la subjectivité de l'individu et la particularité du contexte, sont des composantes majeures de l'effet, alors que dans le second cas, elles sont considérées comme un obstacle scientifique » (p.155). Pour dépasser cet antagonisme, cette auteure propose une position intermédiaire, celle de l'ergonomie francophone, qui permet de prendre en compte la complexité du dispositif, les usages réels des artefacts, la subjectivité des acteurs et l'impact du contexte institutionnel ou pédagogique.

Bétrancourt (2014) propose trois pistes pouvant favoriser l'étude des effets d'apprentissage. La première piste consiste à s'intéresser à l'activité afin de mieux identifier les usages et plus globalement l'activité réelle des acteurs lors de l'utilisation des dispositifs médiatisés pour l'apprentissage. La seconde piste consiste à combiner différents types de données pour documenter l'expérience subjective des acteurs, les éléments liés au fonctionnement du dispositif, mais aussi les contraintes et effets du dispositif sur l'activité des acteurs. Enfin, la troisième piste consiste à étudier l'utilisation des dispositifs et les transformations associées (des

dispositifs, de l'activité des utilisateurs, en matière d'apprentissage/développement) sur des temporalités plus longues.

Afin de contribuer à cette littérature, il nous paraît pertinent d'étudier le processus de construction de connaissances en situation écologique, en prenant comme objet d'étude l'activité en situation de formation (Barbier & Durand, 2003; Poizat & Durand, 2015). Selon Barbier (2013), inscrire une recherche dans une approche de l'activité c'est « rendre compte des transformations en actes que constituent les activités » (p. 17). Il s'agit donc de penser la transformation comme inhérente à l'activité humaine et comme étant permanente.

Analyser l'activité des acteurs dans des situations de formation permet de s'intéresser à l'ensemble des éléments de l'environnement des acteurs qui participent à la construction, au renforcement, ou à l'invalidation de connaissances sans développer une forme de « myopie » excessive sur l'EV utilisé dans la séance. En prenant l'activité dans sa globalité, et en l'étudiant finement, il devient possible de documenter la manière dont elle se transforme. Ces transformations sont le reflet d'une mobilisation de connaissances déjà acquises, d'un renforcement de ces connaissances, d'un affaiblissement de celles-ci, ou encore d'une construction de nouvelles connaissances dans la relation entre l'acteur et son environnement. Ainsi, documenter les transformations de l'activité consiste à rendre compte de la manière dont les apprenants construisent/renforcent/invalident des connaissances, en lien avec des éléments de leur environnement qui leur sont significatifs à un moment donné. L'analyse de l'activité permet de ne pas se limiter aux connaissances préétablies (souvent abstraites et symboliques – c'est-à-dire pouvant donner lieu à un argumentaire langagier) par les formateurs/concepteurs de l'EV, mais aussi de rendre compte des nouveaux questionnements qui peuvent émerger, ainsi que les doutes et difficultés que les stagiaires peuvent rencontrer dans la séance de formation avec des EV.

Par ailleurs, les recherches conduites en ergonomie sont finalisées, c'est-à-dire qu'elles visent toujours la conception ou l'amélioration des dispositifs étudiés. Aussi, à l'instar de Bétrancourt (2014), nous adoptons une démarche ergonomique pour comprendre l'activité des formés et des formateurs lors de l'utilisation d'un EV et proposer des pistes de transformation de son utilisation ainsi que la conception de nouvelles situations de formation.

I 2. APPORT CONJOINT DE L'ERGONOMIE ET LA FORMATION DES ADULTES POUR LA CONCEPTION

Dans cette section, nous explicitons notre positionnement à l'intersection de deux champs de recherche et de pratiques : la formation des adultes et l'ergonomie, ainsi que les rapports entre ces deux champs (section 2.1). Nous présentons ensuite trois approches théoriques mobilisant l'analyse de l'activité dans une visée de conception de situations de formation (section 2.2) ; et enfin notre problématique de recherche et nos questions de recherche (section 2.3).

I 2.1 Un espace interstitiel entre l'ergonomie et la formation des adultes

Notre travail s'inscrit à l'intersection de deux champs scientifiques, celui de l'ergonomie et celui de la formation des adultes. Les ergonomes et psychologues du travail francophones se sont intéressés à la formation professionnelle dès les origines de leurs disciplines. Faverge et Ombredane (1955) assignaient à l'analyse du travail la fonction d'aider à trouver des solutions à quatre problèmes de la psychologie industrielle : (i) la sélection, l'orientation et la promotion professionnelle, (ii) la formation professionnelle, (iii) la qualification du travail et (iv) l'aménagement du travail. De Montmollin (1974) postulait de son côté que l'analyse du travail est « un préalable à la formation », c'est-à-dire précéder la conception de formation afin de pouvoir y introduire des éléments pertinents concernant l'activité réelle des acteurs.

Cependant, comme le soulignent Falzon et Teiger (2011), les rapports entre l'ergonomie et la formation ne sont pas simples et univoques. La formation a parfois été réduite à un moyen d'adapter l'homme au travail ou à l'organisation, ce qui entre dès lors en contradiction avec le principe fondateur de l'ergonomie de langue française qui est l'adaptation du travail à l'homme. Pour les ergonomes, l'humain ne doit pas devenir la « variable d'ajustement » (Falzon & Teiger, 2011). Malgré cela, les ergonomes ont très largement contribué au développement de dispositifs de formation professionnelle (Teiger & Lacomblez, 2013). De leur côté, les chercheurs et praticiens en formation des adultes se sont emparés des démarches d'analyse de l'activité issues de l'ergonomie afin de comprendre, améliorer et concevoir des programmes de formation (Durand, 2009; Jobert, 1993; Leblanc et al., 2008; Pastré, 1999, 2011; Poizat et al., 2016).

Dans le Tableau 2, nous présentons de manière non exhaustive les rapports entre l'ergonomie et la formation du point de vue de l'ergonomie (Boccaro & Delgoulet, 2015; Delgoulet, 2012; Delgoulet et al., 2012; Delgoulet, Vidal-Gomel, et al., 2017; Dugué et al., 2010; Falzon, 2013; Falzon & Teiger, 2011; Teiger et al., 1997; Teiger & Lacomblez, 2005, 2013; Teiger & Laville,

1991) puis du point de vue des sciences de l'éducation et de la formation des adultes (Bailly et al., 2014; Durand & Veyrunes, 2005; Guérin, 2012; Horcik & Durand, 2011; Leblanc et al., 2008; Olry & Vidal-Gomel, 2011; Pastré, 1999, 2002, 2011; Poizat & Durand, 2014b; Ria, 2009; Zeitler, 2011). En partant du double postulat selon lequel i) l'analyse du travail est un préalable à la formation, et ii) que les situations de formation sont aussi des situations de travail en elles-mêmes, les chercheurs et praticiens en formation des adultes ont utilisé puis transformé les principes et méthodologies issus de l'ergonomie francophone dans une visée de conception et d'amélioration des situations de formation (Durand & Veyrunes, 2005; Pastré et al., 2006). Nous remarquons plusieurs interconnexions, convergences et proximités dans les travaux présentés ci-dessous indiquant un dialogue continu et fructueux entre ces deux champs disciplinaires.

I 2.1.1 Analyse ergonomique de l'activité et formation

Falzon et Teiger (2011) proposent une catégorisation des rapports entre l'analyse ergonomique de l'activité¹³ et la formation en trois axes. L'analyse ergonomique comme (i) un apport à la formation, (ii) un outil de formation et (iii) un facteur de transformation.

Analyse de l'activité comme apport à la formation

Le premier apport de l'ergonomie à la formation répond à une double visée, celle de la conception de contenus et d'outils de formation, et celle de la compréhension de l'activité des acteurs de la formation (Delgoulet, Vidal-Gomel, et al., 2017). La première visée repose sur le postulat selon lequel il est nécessaire de faire une analyse de l'activité « comme préalable à toute construction de formation » (de Montmollin, 1974) afin de pouvoir alimenter la formation avec des éléments du « travail réel » et pas des à partir des prescriptions. Il devient alors possible de documenter, au travers de l'analyse de l'activité, les objectifs et les besoins de formation et les compétences que doivent développer les formés en lien avec le travail réel, mais aussi de concevoir l'évaluation de la formation (Boccaro & Delgoulet, 2015). L'analyse de l'activité des formateurs permet d'améliorer le travail des formateurs en transformant leur formation et les conditions de réalisation de leur travail, mais aussi en améliorant les outils qu'ils utilisent dans le cadre de leur travail (Delgoulet et al., 2019; Delgoulet, Vidal-Gomel, et al., 2017; Delgoulet & Vidal-Gomel, 2013).

¹³ Nous faisons le choix d'employer le terme d'analyse de l'activité au lieu d'analyse du travail tel que cité par les auteurs. Ce changement de terme s'appuie sur le postulat de considérer les situations de formation comme des situations de travail et permet d'apporter de la généralisation à notre propos puisque les différents auteurs cités ne cherchent pas à analyser uniquement l'activité de travail, mais plus généralement toute activité humaine (en situation de vie quotidienne, art, loisir, travail, sport, famille, formation...).

Pour Cau-Bareille et al. (2012), cités par Delgoulet et Vidal-Gomel (2013), l'analyse de l'activité des formés peut également « révéler une inadéquation des situations de formation aux caractéristiques des formés, des difficultés spécifiques d'apprentissage, ou encore une diversité de stratégies d'apprentissage mobilisées » (p. 27). En analysant l'activité de formation, par exemple en situation de tutorat (Thébault et al., 2014), il devient possible d'apporter des améliorations visant les situations de travail et les objectifs de formation. Enfin, Delgoulet et Vidal-Gomel (2013) pointent que l'analyse conjointe de l'activité des formés et formateurs permet de concevoir, améliorer ou évaluer les outils pédagogiques

Les chercheurs/praticiens en formation des adultes adoptent en général des positions proches. Les ergonomes ont cependant tendance à intégrer la formation dans une intervention plus globale, portant sur l'environnement et sur les conditions de travail. Aussi, les ergonomes ne se cantonnent pas à documenter l'activité réelle en situation de travail dans le but unique de concevoir les contenus de formation, mais proposent également des pistes d'amélioration des situations de travail (Falzon & Teiger, 2011).

Formation à l'analyse de l'activité

L'analyse de l'activité peut être également considérée comme un objet de formation. L'intervention ergonomique, avec ses principes et ses méthodologies d'analyse de l'activité, devient le contenu de la formation elle-même, permettant ensuite aux formés une réflexivité dans le travail, mais aussi d'être moteur dans la transformation de leur propre situation de travail (Hubault et al., 1995). Pour cette mise en œuvre, des auto-analyses de l'activité sont réalisées de manière collective, animées par des ergonomes, avec la visée de « provoquer la découverte par le narrateur de ce qu'il ne sait pas qu'il sait » (Falzon & Teiger, 2011, p. 154). Les auteurs considèrent que cette formation à l'analyse du travail permet aux acteurs de prendre conscience des compétences qu'ils mettent en œuvre. Cette formation a été principalement destinée aux acteurs de prévention des risques professionnels (représentants syndicaux, préventeurs, ...) afin qu'ils soient outillés pour améliorer les conditions de travail des opérateurs (Teiger & Lacomblez, 2013). Les chercheurs en sciences de l'éducation et formation des adultes considèrent également qu'il est intéressant de former les formateurs de formateurs à l'analyse de l'activité, afin d'avoir des clés pour comprendre et pour transformer la situation de formation et pour espérer transformer l'activité des formés.

Analyse de l'activité comme facteur de transformation

Enfin, l'analyse de l'activité est considérée comme un facteur de transformation et de développement des acteurs. Dans ce cas-là, c'est l'intervention ergonomique (ou d'analyse de l'activité quand l'analyste n'est pas un ergonomiste) elle-même qui est vectrice de développement des acteurs qui y participent. Cet effet transformateur « est provoqué par l'usage de l'analyse de l'activité qui renvoie une représentation nouvelle, inédite, du travail, et, au-delà, qui pose le travail comme un objet examinable pour autant qu'on dispose d'outils permettant sa description aussi objective que possible » (Falzon & Teiger, 2011, p. 155). Les « espaces de débat et de régulation » (Mollo & Nascimento, 2013) sont des exemples de ce type de dispositifs qui encouragent le développement des acteurs et favorisent les échanges sur le travail.

Finalement, l'objectif général des ergonomistes est de concevoir des environnements et des organisations capacitantes, c'est-à-dire « un dispositif qui permet aux acteurs de discuter et (re)concevoir les règles de l'organisation, de conduire un travail d'organisation et de produire, in fine, un nouvel environnement capacitant » (Delgoulet, Vidal-Gomel, et al., 2017, p. 188).

I 2.1.2 Appropriation/transformation de l'analyse de l'activité en formation des adultes

Les notions et les méthodes d'analyse de l'activité, initialement empruntées par la formation des adultes à l'ergonomie, ont progressivement fait l'objet d'une appropriation/transformation pour mieux étudier notamment le développement et la transformation de l'activité. Dans un effort de synthèse, Durand (2012) identifie quatre démarches mettant à profit l'analyse de l'activité dans le champ des sciences de l'éducation et de la formation des adultes : (i) la didactique du travail, (ii) l'ergonomie de formation ou l'ergonomie de situations de formation, (iii) l'accompagnement des trajectoires professionnelles, et (iv) l'analyse du travail comme source de transformation. Ces quatre démarches présentent des traits communs avec les trois axes précédents proposés par Falzon et Teiger (2011), mais présentent également certaines nuances.

La didactique du travail

La démarche de didactique du travail (Bailly et al., 2014; Durand, 2012; Poizat & Durand, 2014b) s'appuie sur les travaux *princeps* de la didactique professionnelle (Mayen, 2012; Pastré, 2002; Pastré et al., 2006) tout en englobant également d'autres approches théoriques¹⁴ dont des

¹⁴ Ces approches partagent les mêmes finalités en termes de conception de formation et de l'importance d'analyser le travail en amont, mais ne partagent pas forcément les mêmes présupposés théoriques en termes de conceptualisation de la cognition et de l'activité (Leblanc et al., 2008).

approches détachées d'une orthodoxie sur la question des savoirs. Comme proposé par la didactique professionnelle, l'objet de cette démarche est de considérer l'analyse de l'activité comme un « préalable à la conception de formation » (Pastré, 2011) et plus particulièrement le travail des acteurs expérimentés. L'analyse et la modélisation de leur activité visent à identifier des composantes génériques ou invariantes (typiques et critiques) permettant d'alimenter la conception de référentiels de formation (Pastré, 2002; Veyrunes, 2011; Veyrunes & Yvon, 2013). Si la didactique professionnelle se focalise sur les invariants opératoires ou cognitifs, d'autres approches y intègrent également la documentation de dimensions émotionnelles, intentionnelles, perceptives sensorimotrices inhérentes à l'activité étudiée (Bailly et al., 2014). Parler de didactique du travail permet de souligner le fait qu'il n'est pas uniquement question d'identification de savoirs, mais plus généralement de situations de travail typiques et critiques qui sont utiles pour la formation. Aussi, l'appellation « didactique du travail » a paru aux auteurs plus large que celle de « didactique professionnelle » qui renvoie à un programme de recherche spécifique, tout en reconnaissant la paternité et les avancées déterminantes de ce programme à la didactique du travail.

L'ergonomie des situations de formation

La deuxième démarche est l'ergonomie des situations¹⁵ de formation (Guérin, 2012; Horcik & Durand, 2011; Zeitler, 2011). Cette démarche s'appuie sur la conviction que la formation est un travail (Durand, 1996) et un objet de conception ergonomique. Elle porte sur l'analyse conjointe de l'activité du formateur et des formés lors de situations de formation dans une visée de conception et/ou d'amélioration de cette situation de formation. Il s'agit d'une démarche itérative se réalisant généralement en trois phases : (i) l'analyse de l'activité des formateurs et des formés ; (ii) la conception ou l'amélioration des situations de formation à partir des résultats de l'analyse de l'activité afin d'en améliorer la pertinence ; et (iii) l'analyse de l'activité dans la nouvelle situation. Cette démarche a pour objectif de rendre le travail de formation plus efficace, mieux organisé, plus adéquat à ses objectifs, dans le but de permettre des transformations majorantes. Cette démarche implique très souvent une dimension participative avec des enquêtes

¹⁵ Le concept de situation prend un sens particulier dans le cadre du cours d'action dans lequel s'inscrivent les auteurs « il ne s'agit pas d'un artefact face auquel l'acteur serait posé, mais d'un processus de spécification. La situation, ou monde propre exprime le point de vue de l'acteur sur son environnement. Ce point de vue est global, ce qui autorise à énoncer que l'activité est toute à fois corporellement, spatialement, temporellement, culturellement... située. » (Durand, 2008, p. 103). La notion de Situation (ou monde propre) désigne le point de vue de l'acteur sur son environnement, qui se construit via un processus de spécification (Durand, 2008).

coopératives, puisqu'un ensemble d'acteurs (chercheurs et praticiens) participent à la co-conception de ces nouvelles situations de formation (Poizat et al., 2016).

L'accompagnement des trajectoires professionnelles

La démarche d'accompagnement des trajectoires professionnelles se focalise sur l'analyse de l'activité de professionnels novices, à différentes étapes de leur développement professionnel. L'analyse de l'activité des professionnels non expérimentés montre qu'il existe une spécificité de leur activité « débutante », ainsi qu'une dynamique particulière de transformation de leur activité (Bailly et al., 2014). Les acteurs peu expérimentés ne font pas face aux mêmes problèmes que les travailleurs expérimentés. L'analyse de l'activité des novices permet d'identifier des situations typiques et critiques qui n'apparaissent pas (ou plus) chez les expérimentés (Poizat et al., 2016). L'analyse permet ainsi de modéliser les transformations de l'activité à partir du repérage et de la résolution de « nœuds développementaux » (Ria, 2009), jalonnant les trajectoires professionnelles. Leur modélisation donne lieu à la conception de formations balisant l'avancement d'autres novices et favorisant ainsi leur développement (Durand, 2012).

Formation à et par l'analyse de l'activité

Il existe une dernière modalité de convocation de l'analyse de l'activité en formation des adultes : la formation à et par l'analyse de l'activité (Bailly et al., 2014; Durand, 2009, 2012). La formation à l'analyse de l'activité est fondée sur deux convictions des chercheurs en formation des adultes. Premièrement que les formateurs ont un intérêt à maîtriser les théories et les méthodes d'analyse de l'activité puisqu'une partie de leur activité professionnelle porte sur le travail des formés et deuxièmement que la formation à l'analyse de l'activité et la conception des « formateurs/relayeurs » est un moyen de pérennisation des démarches d'innovation introduites par les recherches mises en œuvre (Bailly et al., 2014).

À l'instar de l'approche de la clinique de l'activité (Clot, 2008), les chercheurs en formation des adultes postulent que la participation des professionnels à l'analyse de leur travail est une opportunité de transformation. Les effets développementaux de la participation des acteurs à l'analyse de leur activité tiennent au fait qu'en se laissant observer, en participant à des entretiens qui visent l'expression de leur expérience, en visionnant les enregistrements vidéo réalisés par l'analyste (Durand, 2011), les acteurs vont pouvoir redécouvrir leur propre travail. Les visées de ce type de formation sont les « réélaborations cognitives inhérentes à l'expression, par les professionnelles, de leur expérience et leur modélisation par l'analyste, les prises de conscience déclenchées par l'enquête et donnant accès aux aspects de la pratique

Chapitre 1 : Contextualisation de la Recherche

habituellement hors du champ de la conscience des acteurs et les dynamiques développementales déclenchées par les controverses structurées par les formateurs » (Bailly et al., 2014, p. 22). Le degré de participation peut varier, par exemple la participation dans des démarches telles qu'en ergonomie des situations de formation est très active.

Tableau 2. Espace interstitiel entre l'ergonomie et la formation des adultes

Analyse ergonomique de l'activité et formation	Appropriation/transformation de l'analyse de l'activité en formation des adultes
<p>Analyse de l'activité comme apport à la formation (=analyse de l'activité au service de la formation)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concevoir/améliorer/évaluer les contenus et outils de formation (besoins des acteurs, objectifs pédagogiques, évaluation). • Comprendre l'activité des acteurs de la formation dans une visée transformatrice : <ol style="list-style-type: none"> 1. Amélioration de la formation initiale/continue des formateurs 2. Amélioration des conditions de travail des formateurs 3. Amélioration des outils utilisés par les formateurs pour mieux appréhender l'activité des formés 4. Formations se réalisant au lieu du travail (tutorat) • Analyser conjointement l'activité des formés et formateurs pour concevoir/améliorer/évaluer les outils pédagogiques 	<p>Didactique du travail</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concevoir des contenus et outils de formation (besoins des acteurs, objectifs pédagogiques, évaluation). • Analyse et modélisation de l'activité des professionnels expérimentés afin d'identifier des composantes génériques ou invariantes (typiques et critiques). • Identification non seulement de savoirs, mais également de situations de travail typiques/critiques. <hr/> <p>L'ergonomie des situations de formation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse conjointe de l'activité des formateurs et stagiaires. • Démarche d'analyse/conception sous la forme de boucles itératives. • Co-conception de la situation de formation (chercheurs et formateurs, ingénieurs pédagogiques ...)
<p>Formation à l'analyse de l'activité (=analyse de l'activité comme objet de la formation)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formation à l'analyse de l'activité pour le développement de l'activité de travail (auto-analyses sur le lieu du travail, déploiement d'une activité réflexive) • Formation à l'analyse de l'activité les acteurs de la prévention 	<p>L'accompagnement des trajectoires professionnelles</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse de l'activité et de ses transformations des novices afin d'identifier les situations typiques/critiques qui ne le sont pas (ou plus) chez les expérimentés. • Identification et résolution des « nœuds développementaux » (Ria, 2009). • Conception de dispositifs permettant le dépassement de ses nœuds développementaux.
<p>Transformation des acteurs par l'analyse de l'activité (=le développement comme outil d'action ergonomique)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intervention ergonomique comme acte de développement • Conception de dispositifs favorisant le développement des acteurs : les espaces de débat et de régulation • Intervention participative 	<p>Formation à et par l'analyse de l'activité</p> <ul style="list-style-type: none"> • Former à l'analyse de l'activité les formateurs pour qu'ils puissent transformer les situations de formation à partir de l'analyse de l'activité des formés • Transformation de l'activité des acteurs par leur participation à l'analyse de leur propre activité
<p>Concevoir le travail pour le développement des compétences</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conception d'environnements et organisations capacitanes permettant aux acteurs de discuter et (re)concevoir les règles de l'organisation et des situations de travail, c'est-à-dire des nouveaux environnements capacitanes. 	

I 2.2 Approches théoriques mobilisant l'analyse de l'activité pour la conception

Dans cette section, nous présentons trois approches articulant analyse de l'activité et conception à des fins de formation : l'approche instrumentale, la didactique professionnelle et le cours d'action. Ces trois approches s'appuient sur des cadres théoriques, méthodologiques, et des démarches de conception fondées à partir de présupposés éthiques, épistémologiques et ontologiques (Durand, 2009).

I 2.2.1 Approche Instrumentale

L'approche instrumentale (Rabardel, 1995, 2005a) considère l'intégration des artefacts dans la structure de l'activité humaine (Kaptelinin & Nardi, 2006) en proposant une approche anthropocentrée de la technique. L'unité d'analyse proposée par la théorie instrumentale est la situation d'activité instrumentée. Cette approche s'attache à décortiquer le rapport instrumental des sujets au monde, aux autres et à eux même. Elle propose pour cela une modélisation quadripolaire des situations d'activité instrumentée permettant d'étudier l'activité « dans sa complexité sans perdre le point de vue du sujet en développement » (Bationo-Tillon & Rabardel, 2015, p. 112).

Le modèle quadripolaire des situations d'activité instrumentée (Folcher & Rabardel, 2004; Rabardel, 1995) permet de rendre compte des trois orientations de la médiation par les instruments (en pointillés sur la Figure 16) : une orientation vers l'objet de l'activité, une orientation vers les autres, une orientation vers soi-même (comme sujet de l'activité). Précisons ici rapidement les notions d'objet de l'activité et de sujet de l'activité. L'objet correspond au motif ou au but de l'activité (ce vers quoi l'activité est tournée) qui lui donne une orientation consciente et spécifique. L'objet peut être transformé au cours de l'activité. Les objets ne sont pas des structures immuables, cependant ils conservent une certaine stabilité au cours du temps. Le sujet de l'activité est à la fois l'origine de l'activité tout en poursuivant son développement à travers elle. Le sujet est « une personne non divisible, engagée dans des activités participant de systèmes d'activités, inscrite dans des cultures et des rapports sociaux de vie et de travail, c'est-à-dire dans des mondes humains » (Rabardel, 2005b, p. 12). Les instruments (et par réduction, l'usage des artefacts) médiatisent le rapport du sujet à l'objet de l'activité. Il existe deux types de médiations instrumentales de

Chapitre 1 : Contextualisation de la Recherche

l'activité, les médiations épistémiques qui visent une prise de connaissance de l'objet de l'activité et les médiations pragmatiques qui visent l'action sur l'objet (Rabardel, 1995).

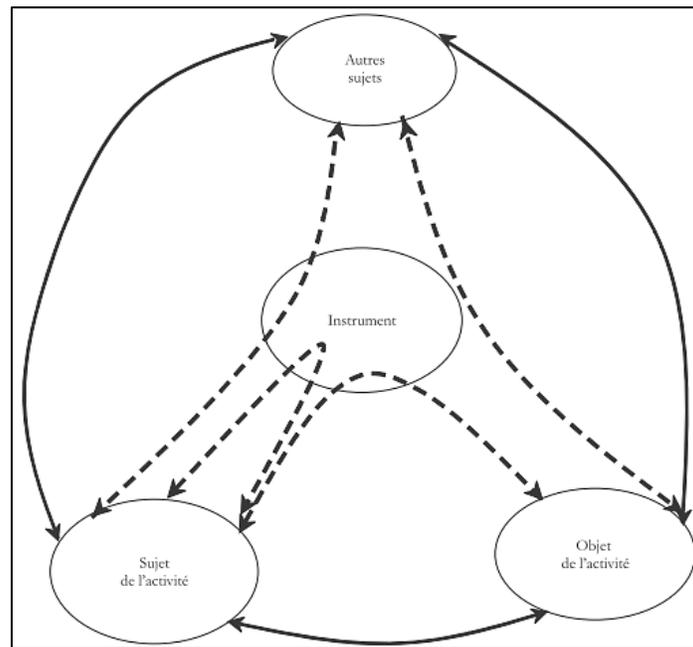


Figure 16. Modèle quadripolaire des situations d'activité instrumentée. Les flèches en pointillé représentent les relations médiatisées (Folcher & Rabardel, 2004, p. 256)

La notion d'instrument est centrale dans le cadre de cette approche de l'activité et de son développement. La notion d'instrument est différente de celle d'artefact (relativement courante et issue de l'anthropologie) dans le sens où l'artefact fait référence à un élément matériel ou symbolique produit par l'Homme, autrement dit ici par le sujet ou d'autres sujets (potentiellement des concepteurs). L'artefact n'est ainsi qu'une des composantes de l'instrument. En effet, l'instrument est constitué de l'association entre l'artefact (matériel ou symbolique) et le « geste » qui le rend efficace (« extérieur » ou « intérieur ») (Rabardel, 1995). L'instrument est une sorte d'entité hybride constituant un mixte d'intériorité (du côté du sujet) et d'extériorité (du côté de l'artefact). En d'autres termes, l'instrument tient à la fois du sujet et de l'artefact. Documenter les situations d'activité instrumentée implique alors de dépasser la composante artefactuelle (offrant des observables directs et facilement identifiables) en direction d'une connaissance approfondie de la composante propre au sujet – à travers l'analyse de l'activité en situation. Pour rendre compte des « gestes efficaces » (extérieurs ou intérieurs) constitutifs des instruments, l'approche instrumentale a recours à la notion de schèmes d'utilisation. L'instrument devenant alors l'alliance d'un artefact et des schèmes d'utilisation associés, provenant de la construction propre du sujet ou

Chapitre 1 : Contextualisation de la Recherche

de l'appropriation de schèmes sociaux d'utilisation déjà formés extérieurement à lui. Pour Rabardel (1995), les schèmes d'utilisation sont des organisateurs de l'action des sujets et « correspondent aux aspects invariants des actions pour des classes de situations connues » (1995, p. 112). Il ajoute :

L'instrument s'enrichit en fonction de ses mobilisations dans la singularité des situations d'action. Ainsi se constitue ce qu'on pourrait appeler le "champ fonctionnel" de l'instrument pour le sujet : l'ensemble des schèmes d'utilisation de l'artefact où il est insérable pour former un instrument, l'ensemble des objets sur lesquels il permet d'agir, l'ensemble des opérations, actions et activités qu'il donne la capacité de faire, l'ensemble des situations dans lesquelles il peut être mobilisé (Rabardel, 2005a, p. 257).

Pour rendre compte de l'enrichissement de l'instrument, du mouvement d'appropriation, mais également des transformations opérées par l'usage des artefacts et par la médiation instrumentale, l'approche instrumentale s'appuie sur la notion de genèses instrumentales (et ses dérivées : « genèse conceptuelle », « genèse identitaire », « genèse professionnelle »). Une genèse instrumentale est un double processus d'instrumentalisation et d'instrumentation, qui s'opère quand un sujet « recrute » dans son activité un artefact. L'instrumentalisation désigne le processus de genèse instrumentale orienté vers l'artefact, par la spécification et par l'enrichissement de ses propriétés par le sujet qui lui donne un statut de moyen pour l'action et pour l'activité. Elle renvoie à l'émergence et l'évolution des composantes artefactuelles de l'instrument que ce soit par le biais de sélection, de regroupement, de production de fonctions, de catachrèse, ou encore d'attribution de propriétés. Cette instrumentalisation traduit la transformation que le sujet fait opérer à l'artefact utilisé en faisant évoluer ses propriétés et prolongeant sa conception initiale. L'instrumentation désigne le processus de genèse instrumentale orienté vers le sujet lui-même, qui est lui aussi transformé par l'utilisation de l'artefact. Lors du processus d'instrumentation, il y a une émergence et une évolution des schèmes d'utilisation par accommodation, inclusion et assimilation.

L'apport de l'approche instrumentale pour la conception est de proposer (i) de s'inspirer des artefacts issus ou inscrits dans des genèses instrumentales, (ii) de concevoir autour des schèmes d'utilisation, et (iii) de concevoir des artefacts appropriables, au sens d'instrumentalisables (Bationo-Tillon & Rabardel, 2015; Bourmaud, 2006; Rabardel, 1995). Premièrement, l'analyse des genèses instrumentales (et plus particulièrement de l'instrumentation de l'artefact ou de certains artefacts analogues) permet d'identifier les fonctions et propriétés de l'artefact constituées par le

sujet pour répondre aux situations rencontrées. Ces fonctions et ces propriétés peuvent donc inspirer et orienter la conception d'artefacts. Deuxièmement, l'analyse de l'activité et la modélisation en termes de schèmes d'utilisation permettent d'ancrer la conception d'artefact sur une connaissance empirique des schèmes antérieurs de l'utilisateur, mais aussi de concevoir l'artefact dans une perspective d'aide à la construction de schèmes nouveaux par l'utilisateur (en rupture avec des schèmes qui ne seraient pas adéquats pour l'utilisation d'un nouvel artefact). Troisièmement, la conception d'artefacts appropriables/instrumentalisables repose sur le postulat que l'introduction d'un artefact dans l'activité des sujets engendre une réorganisation de celle-ci. Pour permettre le développement des sujets, la modularité des artefacts est essentielle pour que le système de ressources soit adapté à chaque étape de l'activité (Decortis et al., 2016). À travers le modèle de la boucle de conception, Rabardel (1995) propose (i) d'identifier les fonctions constituantes d'un artefact et ses modes opératoires prévus, (ii) d'en comprendre les fonctions constituées et les schèmes d'utilisation à l'issue de la genèse instrumentale, et (iii) d'inscrire ses fonctions constituées dans la nouvelle conception et de définir des modes opératoires liés.

Au final, l'approche instrumentale vise – d'un point de vue pratique ou technologique – la conception d'artefacts adaptés sur la base des schèmes et des fonctions des instruments constitués par les sujets en situation, ainsi que le développement et l'évolution des instruments et des schèmes (Bourmaud, 2006). Par ailleurs, cette approche introduit l'idée de poursuivre l'analyse de l'activité des acteurs après la conception et l'intégration des instruments dans la situation à travers la démarche de conception continuée pour et dans l'usage¹⁶ (Folcher, 2003, 2015).

L'approche instrumentale a largement été réinvestie pour étudier l'activité pendant des situations d'apprentissage ou de formation (Baron et al., 2007; Cerisier, 2011; Charlier, 2011; Decortis, 2015; Decortis & Rizzo, 2015; Decortis & Safin, 2015; Éloi & Uhrich, 2014; Gillet, 2014; Gourlet, 2018; Haspekian, 2005; Lonchamp, 2012; Munoz & Bourmaud, 2012; Murillo et al., 2013; Trouche, 2018) afin d'examiner le rôle des artefacts dans ces situations. Cette approche présente l'intérêt de proposer un ensemble de concepts permettant de documenter l'usage des artefacts en situations éducatives ou de formation, les dimensions développementales associées (en matière de pouvoir d'agir en lien avec le modèle du sujet capable), mais aussi pour penser et orienter la conception de ces mêmes artefacts. À titre d'illustration, Murillo et al. (2013) étudient l'usage des cartes

¹⁶ La démarche de conception continuée dans l'usage est détaillée dans la section 2 du chapitre 6.

Chapitre 1 : Contextualisation de la Recherche

heuristiques en situation d'enseignement au prisme de l'approche instrumentale. Cette recherche montre comment une carte heuristique peut se transformer en instrument d'enseignement permettant à l'enseignant de structurer son activité, d'intéresser les élèves ou encore faciliter leur prise de notes.

Les travaux de Gourlet (Gourlet, 2018; Gourlet & Decortis, 2018) illustrent l'utilisation de l'approche instrumentale dans le cadre de la conception d'un dispositif à des fins éducatives. Cette recherche menée dans une école primaire avait un double objectif : (i) analyser l'activité des élèves afin de renseigner sa transformation (en ce qui concerne leurs motivations, leurs médiations instrumentales, etc.) et formuler des pistes pour la conception sur les conditions matérielles et organisationnelles des situations de formation, et (ii) co-concevoir avec l'enseignant un ensemble d'artefacts visant la création d'ateliers et d'exercices pour l'apprentissage des élèves. La démarche de co-conception incluait des observations de l'activité, des séances de conception avec l'enseignant à l'issue de chaque journée d'observation, l'utilisation des prototypes avec les élèves, et la transformation de ces prototypes à l'issue de leur utilisation. Un des artefacts, DoDoc¹⁷ (Figure 17), a été conçu notamment pour soutenir les pédagogies d'apprentissage par la pratique en collectant du matériel numérique pour la réflexion pendant les activités de fabrication ou de jeu. Son utilisation a évolué à travers l'usage. Les schèmes d'utilisation de l'enseignant se sont transformés au fur et à mesure des différents ateliers, mais aussi en raison de la transformation de l'artefact lui-même qui a été reconfiguré dans sa conception.

¹⁷ <https://dodoc.fr/>

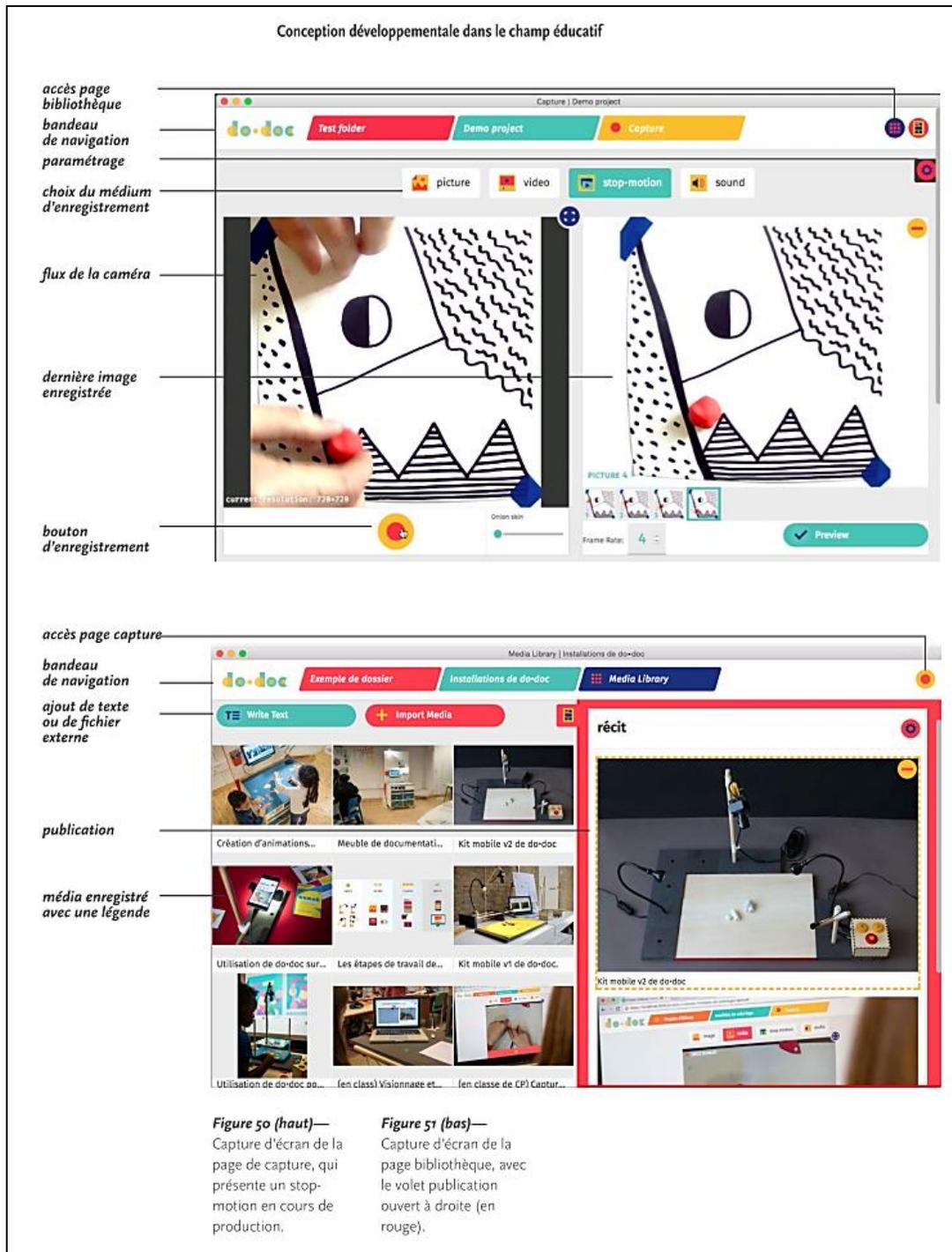


Figure 17. Différentes options de l'artefact DoDoc (Gourlet, 2018, p. 117)

I 2.2.2 Didactique professionnelle

La didactique professionnelle (Pastré, 1999) résulte de la rencontre entre la formation des adultes et trois courants théoriques : la psychologie du développement, l'ergonomie cognitive et la didactique (Pastré et al., 2006). Les auteurs proposent trois orientations autour desquelles la didactique professionnelle a pris corps.

La première orientation postule que l'analyse de l'activité et l'analyse des apprentissages doivent se faire conjointement. D'après ce postulat « il faut reconnaître une continuité profonde entre agir et apprendre de et dans son activité » (Pastré et al., 2006, p. 145-146). La deuxième orientation postule que pour analyser la formation des compétences professionnelles il convient de faire au préalable une analyse du travail et d'aller observer ces compétences sur les lieux de travail et pas sur les lieux de formation. Cette orientation découle du fait que la didactique professionnelle a choisi de donner le primat à « l'activité constructive¹⁸ qui accompagne l'activité productive, c'est-à-dire d'analyser l'apprentissage sous sa forme anthropologiquement première, l'apprentissage incident¹⁹ » (Pastré et al., 2006, p. 156).

Cette approche s'appuie sur la théorie de la conceptualisation dans l'action, d'inspiration piagétienne. Les concepts centraux associés à ce cadre théorique sont ceux de schème et d'invariant opératoire. Ces concepts permettent aux auteurs de documenter la cognition en mobilisant la théorie de la conceptualisation dans l'action avec les deux formes proposées par Vergnaud (2012), la forme « discursive et prédicative » et la forme « opératoire » (Pastré, 2002, p. 11). C'est la forme opératoire qui permet de comprendre comment est organisée l'action et comment se construisent les compétences (Pastré, 2002).

Afin de comprendre comment se construisent les compétences, Vergnaud s'est appuyé sur la notion d'action efficace « souplement organisée, autour d'un noyau invariant, car il ne peut pas y avoir d'organisation sans invariance, mais avec une grande capacité à s'adapter jusqu'à un certain point aux variations de la situation » (Pastré, 2002, p. 11). Le concept de schème permet alors de

¹⁸ L'activité humaine a une double dimension, productive et constructive, toutes les deux indissociables (Samurçay & Rabardel, 2004). La dimension productive porte sur les transformations d'un acteur sur le réel, qu'il soit matériel, social ou symbolique et la dimension constructive montre comment l'acteur lui-même se transforme en agissant sur le réel (Pastré et al., 2006; Samurçay & Rabardel, 2004).

¹⁹ L'apprentissage en didactique professionnelle est distingué en apprentissage incident quand il n'est pas voulu ou recherché et en apprentissage intentionnel quand il est souhaité (Pastré et al., 2006, p. 155).

Chapitre 1 : Contextualisation de la Recherche

décrypter l'invariance et l'adaptabilité. Il est « le moyen d'assimiler de nouveaux objets et de s'accommoder aux propriétés nouvelles qu'ils présentent par rapport aux objets antérieurement assimilés » (Pastré et al., 2006, p. 149).

La troisième orientation structurante de la didactique professionnelle provenant de la psychologie russe du travail est la distinction entre « image cognitive » et « image opérative » (Ochanine, 1978). L'image cognitive rend compte d'un objet par une énumération de ses principales propriétés, tandis que l'image opérative rend compte des dimensions qui sont significatives pour l'acteur et pour la réalisation de son activité. Par exemple, un agent de terrain novice ayant une image cognitive d'une vanne pneumatique devra décrire l'ensemble de ses composantes techniques pour savoir si elle sera fermée ou ouverte en cas de rupture d'alimentation. À l'inverse, un AT ayant une image opérative de cette même vanne pourra savoir si elle sera ouverte ou fermée en regardant uniquement l'emplacement de l'arrivée de l'alimentation. L'image opérative a la particularité d'être plus laconique et simplifiée, et de rendre compte de l'objet de manière déformée (Ochanine, 1978; Pastré et al., 2006).

La distinction-opposition entre image cognitive et image opérative a été beaucoup développée en didactique professionnelle, pour montrer notamment qu'il y a deux formes de conceptualisation, l'une qui énonce des propriétés et des relations sur des objets, l'autre qui sélectionne certains traits d'un objet pour en faire des concepts qui orientent et organisent l'activité. (Pastré et al., 2006, p. 148).

En matière de conception, l'étude la plus connue en didactique professionnelle est sans doute celle de Caens-Martin (1999, 2005) portant sur la conception d'un simulateur pour la taille de la vigne. Cependant, nous présenterons ici la recherche plus récente de Cormier (2012) portant sur un dispositif de formation de chirurgiens-dentistes à l'implantologie dentaire et qui contient également une démarche de conception d'un EVAH menée en didactique professionnelle.

La conception de cet EVAH s'est appuyée sur les concepts organisateurs de l'activité, documentés à partir de trois étapes : (i) une analyse *a priori* de la tâche prescrite pour l'implantation dentaire en phase chirurgicale, (ii) une analyse de l'activité en situation, et (iii) l'identification de la structure conceptuelle de la situation. L'analyse de la tâche d'implantologie a consisté à documenter les étapes à suivre pour l'implantation, ainsi que les indicateurs significatifs pour les réaliser. La deuxième étape a consisté à analyser l'activité de dix chirurgiens-dentistes expérimentés, en

Chapitre 1 : Contextualisation de la Recherche

réalisant des observations *in situ* lors d'interventions de pose implantaire et des autoconfrontations. La troisième étape a consisté à cartographier la structure conceptuelle de la situation pour l'implantologie dentaire. Cette analyse de l'activité a permis d'interroger l'écart entre la différence de la tâche et les modes de fonctionnement des opérateurs. Elle a montré la manière dont les chirurgiens-dentistes gèrent les situations de travail singulières, la manière dont ils gèrent les problèmes émergeant en situation de travail, et les modes d'organisation de ceux-ci dans l'action. Cormier (2012) met en avant deux concepts organisateurs, celui d'« émergence » qui permet la réalisation du projet prothétique et celui d'« ancrage » qui permet à la réalisation du projet prothétique d'être pérenne dans le temps, ainsi que les variables et indicateurs avec lesquels ils s'articulent (Figure 18).

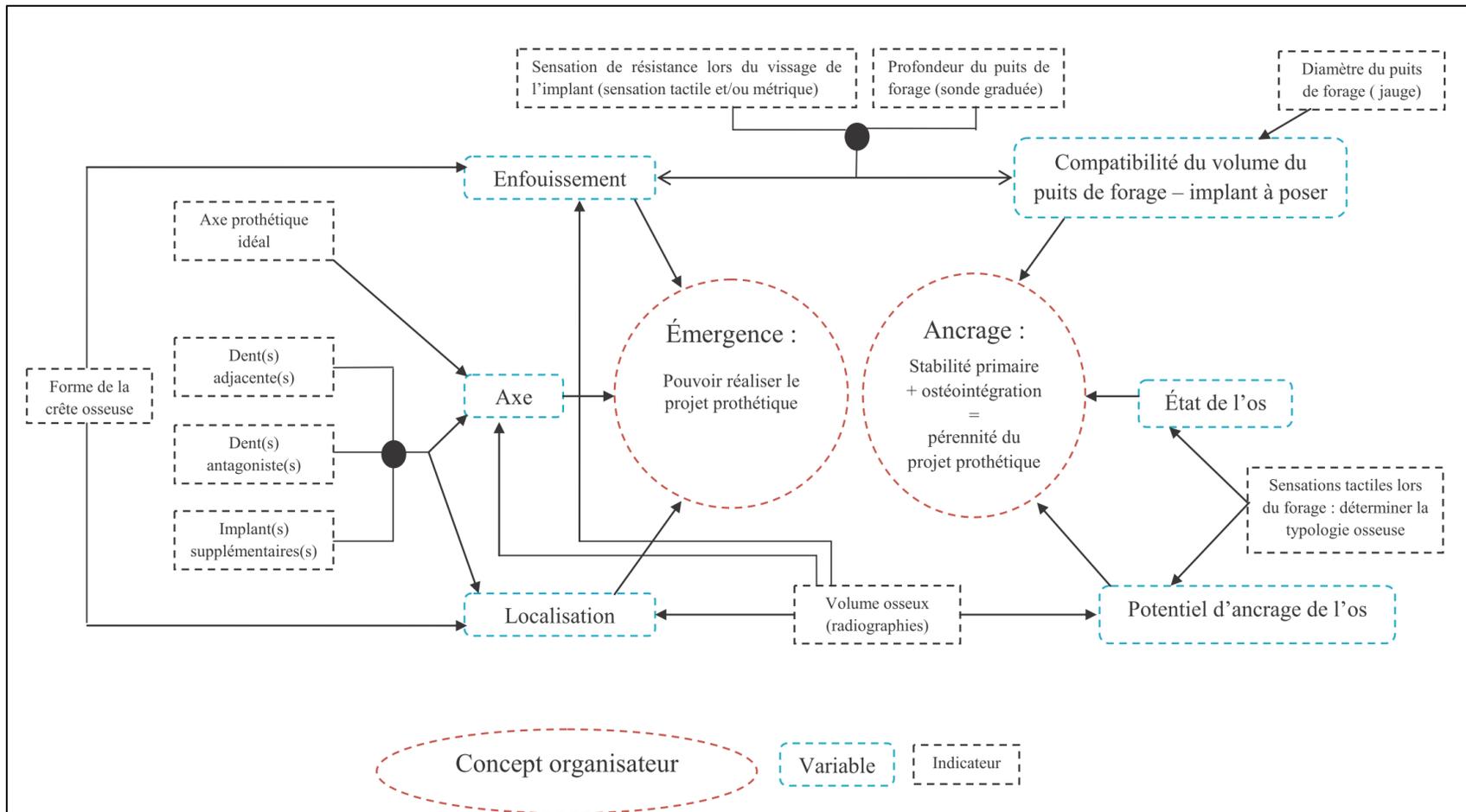


Figure 18. Structure conceptuelle de la situation pour l'implantologie dentaire (Cormier, 2012, p. 107)

Chapitre 1 : Contextualisation de la Recherche

À l'issue de cette phase d'analyse, l'auteur a mis en œuvre une démarche de conception d'un EVAH (VirTeaSy) ayant pour objectif de « permettre aux chirurgiens-dentistes d'apprendre à poser des implants dentaires de manière efficace puis de transférer ces apprentissages à des situations réelles d'interventions » (Cormier, 2012, p. 125). La visée était l'apprentissage d'un savoir exécuter : réaliser le puits de forage en fonction d'une planification et poser l'implant dans ce puits de forage et un savoir comprendre et analyser qui porte sur la capacité d'adapter le protocole opératoire en fonction des spécificités du patient virtuel.

La démarche de conception a articulé des méthodologies de conception de Chen et al. (2004) et de Vidal-Gomel (2005) en y ajoutant certaines étapes visant à spécifier l'insertion de l'EVAH dans un dispositif complet de formation, et à hiérarchiser les différentes tâches du scénario en fonction du niveau d'expertise des utilisateurs. Le cadre proposé par Chen et al. (2004) permet de déterminer les éléments à prendre en compte pour la conception de l'EVAH d'un point de vue pédagogique et informatique (type d'apprentissage visé, scénarisation pédagogique, systèmes d'aides, pédagogie à implémenter). La description en trois niveaux (Figure 19) (simulateur, situation simulée et situation de simulation) proposée par Samurçay (communication personnelle, dans Vidal-Gomel, 2001, cité par Vidal-Gomel, 2005) a permis de réinvestir l'analyse de l'activité dans la conception.

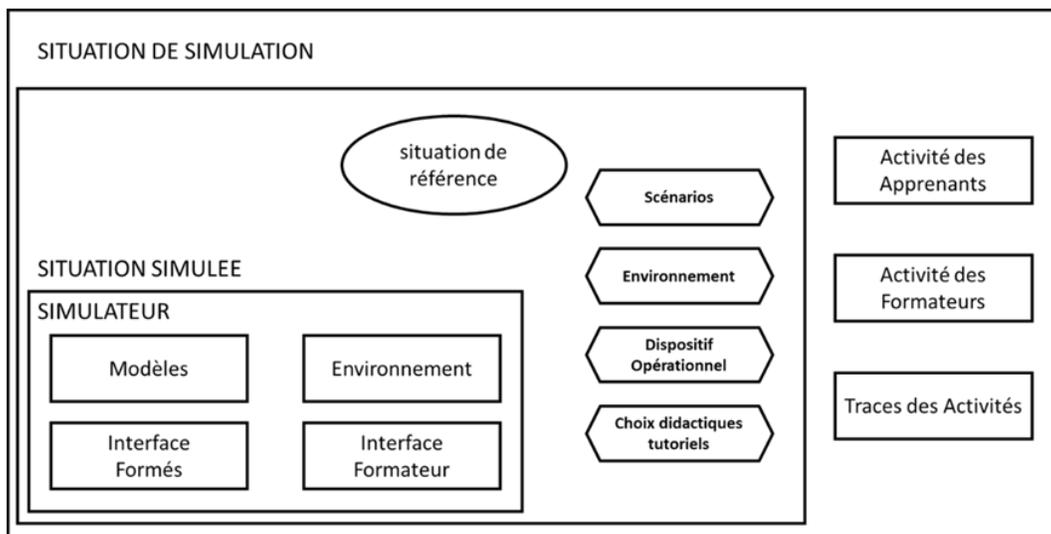


Figure 19. Trois niveaux d'analyse des simulations, tiré de Vidal-Gomel (2005, p. 166).

Cormier (2012) a mis en place un processus de conception en cinq étapes : (i) la définition du type d'EVAH et de ses caractéristiques « hardware », c'est-à-dire les caractéristiques techniques et informatiques (e.g., haut degré de réalisme, EVAH pleine échelle), (ii) la définition de l'EV et des

situations d'apprentissage (e.g., retour d'effort pour l'os à forer et les dents adjacentes, les étapes modélisées étant celles de forage et de pose à cause de contraintes informatiques et économiques), (iii) la définition de l' « enrichissement » de la situation d'apprentissage grâce à la RV (e.g., intégration de feedback et possibilité de « rejeu »), (iv) la définition de la gestion de la complexité dans l'EVAH (e.g., définition de trois niveaux de difficulté des scénarios basés sur les variables de la structure conceptuelle de la situation avec la possibilité pour le formateur d'intervenir dans la réalisation de la procédure pour « aider » l'apprenant), et enfin (v) la définition de l'intégration de l'EVAH à un dispositif global de formation (e.g., compatibilité avec les cursus de différentes universités et écoles privées).

Cette recherche présente l'intérêt de détailler les critères de choix de conception qui reposent sur les contraintes ou spécificités de l'EVAH, sur les résultats de l'analyse de l'activité, et sur les apports de la littérature. À titre d'exemple, l'utilisation du bras de retour d'effort ne pouvant se faire lors de l'ensemble du scénario, il a été décidé de le restreindre à la zone de l'os à forer et aux dents adjacentes. Ce choix s'est appuyé sur les résultats de l'analyse de l'activité et plus particulièrement sur la structure conceptuelle de la situation, indiquant qu'il s'agissait des éléments qui ont été pertinents pour les acteurs).

I 2.2.3 Cours d'action

L'approche du « cours d'action » (Theureau, 2004, 2015), s'inscrit dans la perspective enactive (Maturana & Varela, 1987) et dans la lignée des travaux de Peirce (Peirce, 1931, 1978, 1984). Cette approche partage les propositions *princeps* de la didactique professionnelle et de l'approche instrumentale concernant la finalité technologique (conception de formations) de l'analyse de l'activité (Leblanc et al., 2008). La distinction entre ces deux approches se situe au niveau des présupposés théoriques, puisque la didactique professionnelle mobilise un cadre théorique néo-piagétien tandis que le cours d'action s'appuie sur les travaux de Varela et Peirce pour appréhender l'activité humaine (Leblanc et al., 2008).

Les travaux de plusieurs chercheurs, s'intéressant à la formation professionnelle et des adultes, se sont cristallisés dans un programme de recherche technologique du cours d'action en formation des adultes (Durand, 2008; Poizat et al., 2016). Le programme du cours d'action en formation des adultes est un des sous-programmes du programme de recherche générique du cours d'action qui conceptualise l'activité humaine dans des domaines sociotechniques variés (Theureau, 2006,

2009, 2015). Ce programme de recherche générique a été initié par Léonardo Pinsky et Jacques Theureau dans les années 1980 dans le champ de l'ergonomie de langue française (Pinsky, 1992; Pinsky & Theureau, 1987; Theureau, 1992) et a été développé depuis en ergonomie (Theureau, 2004, 2006, 2009, 2015, 2019), mais aussi dans d'autres champs comme en STAPS (Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives) et dans l'enseignement de l'EPS (Education Physique et Sportive) (Saury et al., 2006, 2013; Sève et al., 2006, 2010).

La notion de programme de recherche a été conceptualisée par Lakatos (1994), en termes de « noyau dur » et de « ceinture de protection et de développement » pour rendre compte d'un idéal épistémologique en matière de structuration de la recherche scientifique.

Chargée de guider notre appréhension de la science et de son histoire, cette méthodologie [...] a un noyau dur constitué de trois stipulations essentielles : la science doit être abordée non au niveau de théories isolées, mais de suites de théories formulées dans le cadre de programmes de recherche précis ; l'épistémologue-historien doit prendre comme fil conducteur « les déplacements progressifs et dégénératifs de problèmes déterminés » ; la supériorité d'une théorie doit se mesurer à son pouvoir heuristique, c'est-à-dire à sa capacité à prédire des faits nouveaux. (Clavelin, 1997, p. 227)

Une structuration en programme de recherche permet (i) de circonscrire un cadre pour les différentes recherches adoptant les hypothèses ontologiques du noyau dur et favorise la sélection d'objets de débat et de controverse pertinents, (ii) d'explicitier les possibilités de rapprochement et de fécondation réciproque avec d'autres programmes de recherche, et (iii) de limiter les risques de dérive ou d'errance des projets spécifiques successifs (Durand, 2016).

Le « noyau dur » du programme de recherche du cours d'action est constitué de la conjonction entre (i) le paradigme de l'enaction²⁰ (Maturana & Varela, 1994) enrichi afin de mieux prendre en compte la technique et la culture dans l'activité humaine (Theureau, 2009), et (ii) l'hypothèse de conscience préreflexive (Sartre, 1943). Il repose également sur une hypothèse analytique faisant partie de la ceinture de protection et de développement : l'hypothèse de l'activité-signé, inspirée de la théorie de la « pensée-signé » (Peirce, 1978). Enfin, une quatrième hypothèse fondamentale du programme du cours d'action est l'hypothèse explicative des contraintes et

²⁰ Les notions d'enaction, conscience préreflexive et activité-signé sont détaillées dans le chapitre 2 section 1.

Chapitre 1 : Contextualisation de la Recherche

effets de l'activité humaine à la fois dans le corps des acteurs, leurs situations et leurs cultures (Theureau, 2019).

L'objet d'étude de ce programme de recherche est « l'activité » au niveau où elle est significative pour les acteurs, considérée comme une réduction acceptable des pratiques sociales (holistique et non réductionniste) permettant l'étude scientifique de ces dernières. L'activité est définie comme :

Tout ce que fait un agent (individu ou collectif) à un moment donné, alors qu'il est engagé dans une pratique sociale, le travail ou la formation professionnelle par exemple. L'activité prend des formes et des significations différentes selon les pratiques, qu'il est à peu près impossible de connaître sans une analyse systématique, même si l'on en est familier (Durand, 2012, p. 22).

Cette « entrée par l'activité » (Barbier & Durand, 2003) permet de comprendre des processus complexes tels que l'apprentissage/développement (Durand, 2008), l'appropriation-individuation (Poizat, 2014 ; Poizat & Goudeaux, 2014), ainsi que le processus de co-conception d'une situation de formation entre formateurs et chercheurs.

Un projet emblématique de la mobilisation de l'approche du cours d'action pour la conception est celui de la plateforme de vidéo-formation Néopass@ction²¹ (Durand, 2014; Leblanc, 2012; Leblanc et al., 2008; Leblanc & Ria, 2014; Ria & Leblanc, 2011). La conception de cette plateforme s'est déroulée en cinq phases (Figure 20).

²¹ Plateforme conçue par l'Institut Français de l'Éducation, composante de l'ENS, composée des ressources vidéo susceptibles de favoriser la professionnalisation des enseignants. <http://neo.ens-lyon.fr/neo>

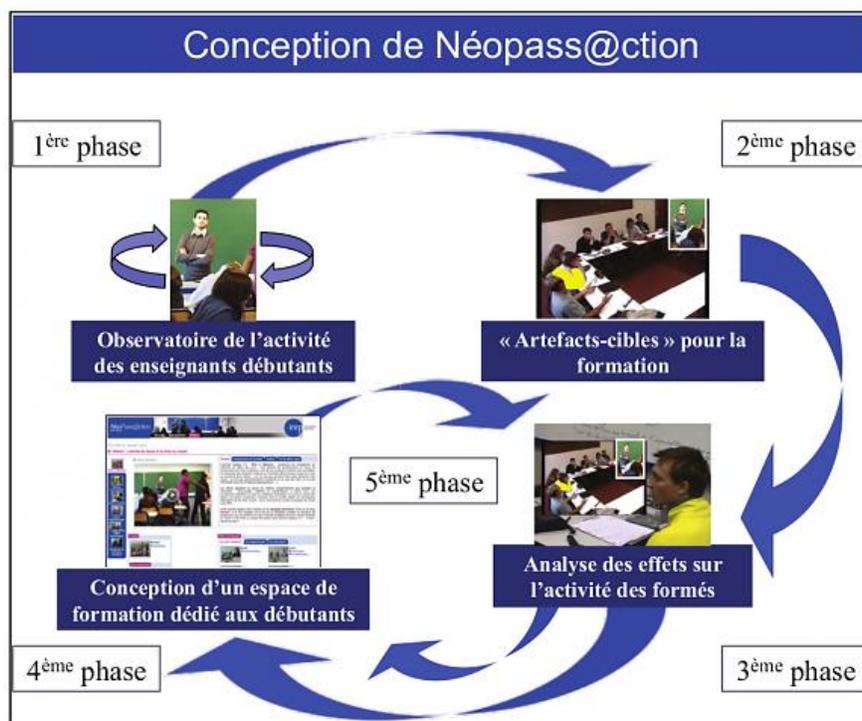


Figure 20. Phases de conception de la plateforme Néopass@ction (Ria & Leblanc, 2011, p. 159).

La première phase comprenait le recueil et l'analyse de l'activité d'enseignants débutants du second degré. L'objectif de cette première phase était de modéliser leurs activités et leurs expériences typiques, leurs questionnements, leurs dilemmes, et leurs difficultés sur des temporalités longues, afin de comprendre comment « ils parviennent à s'adapter à leurs environnements de travail [...] en adoptant des stratégies d'action, des compromis entre les normes personnelles de variabilité et les normes prescrites par l'institution (Ria, 2009) » (Ria & Leblanc, 2011, p. 158).

Au cours de la deuxième étape, les chercheurs se sont appuyés sur les modélisations de l'activité produites (et sur les données disponibles) pour créer des « artefacts vidéo-cibles », comme autant de « situations de référence²² ». Ces « artefacts-cibles » ont été utilisés en formation des enseignants pour aborder différents objets, comme les étapes typiques de développement professionnel des enseignants débutants, leurs difficultés rencontrées, leurs questionnements, croyances, rituels de classe, etc.

²² Une situation professionnelle de référence est « la classe des situations de travail qui, dans le processus de formation, sont la cible du développement des compétences » (Samurçay & Rogalski, 1998, p. 336).

Chapitre 1 : Contextualisation de la Recherche

La troisième phase a consisté en l'étude systématique des effets de ces « artefacts-vidéos » sur l'apprentissage/développement des futurs enseignants ou des enseignants stagiaires. Il s'agissait de comprendre les perceptions, les réflexions et les interprétations des enseignants débutants lors du visionnement de ces « artefact-vidéos ». Cette étape a été couplée à une revue de littérature sur les pratiques de vidéo-formation permettant de renforcer certains choix théoriques et méthodologiques quant à la conception de situations de formation mobilisant des vidéos.

La quatrième phase a consisté en la conception d'une version prototypique de la plateforme, intégrant les « artefacts-cibles ». Les « artefacts-cibles » ont été catégorisés à partir de différents thèmes, tous identifiés à partir d'activités et Préoccupations typiques des enseignants (e.g., l'entrée en classe et la mise au travail des élèves). Durant cette étape de conception, des études exploratoires ont été réalisées pour tester la version prototype et pour évaluer l'utilité²³, l'utilisabilité et l'acceptabilité de la plateforme par les enseignants débutants.

Après l'amélioration du prototype conçu à la phase précédente, la plateforme a été mise en place lors d'une cinquième phase. Plusieurs recherches ont suivi pour enrichir et améliorer cette plateforme à partir d'une démarche de boucles itératives d'analyse de l'activité et reconception de la plateforme (e.g., Flandin, 2015).

Une autre étude récente s'appuyant sur le cadre théorique du cours d'action porte sur la formation à la lutte contre les incendies. Kircali (2020) a mené une étude comparative entre deux situations de formation incendie, l'une supportée par un EV immersif (VirtuaFire) utilisant un casque de RV, et l'autre menée de manière traditionnelle dans une aire de feu permettant d'utiliser une source de feu et des extincteurs réels. L'analyse de ces deux situations de formation (avec l'EV ou avec les extincteurs à l'aire de feu) met en lumière la complémentarité de ces deux sortes de formation en termes de construction de connaissances, ainsi que leurs limites respectives. Lors de la situation de formation avec un EV immersif, les stagiaires ont construit ou renforcé des connaissances sur la procédure à suivre en cas d'incendie. Plusieurs scénarios étaient proposés aux stagiaires, comme un départ de feu dans un bureau, dans un local industriel et dans un local contenant des armoires électriques, ce qui générait de la variabilité dans la procédure à suivre. Par ailleurs, la source du feu étant différente dans chaque scénario (e.g., papiers dans la corbeille, imprimante, réservoirs d'essence, armoire électrique), les stagiaires devaient également choisir le bon extincteur (à

²³ Les notions d'utilité, utilisabilité et acceptabilité sont définies dans la suite de ce chapitre en section 2.3.

Chapitre 1 : Contextualisation de la Recherche

poudre, à CO₂ ou à eau). Dans la deuxième situation de formation plus traditionnelle, les stagiaires ont construit ou renforcé des connaissances en lien avec les caractéristiques techniques de chacun des extincteurs, des mouvements et habiletés motrices (e.g., tester l'extincteur après avoir enlevé la goupille ou encore éviter de tenir l'extincteur par le bas, car il gèle au cours de son utilisation), mais aussi les distances à maintenir pour éteindre un feu.

Ainsi, même si initialement le choix de l'entreprise était de progressivement remplacer les formations traditionnelles par les formations avec l'EVAH, il a été convenu de maintenir les deux situations de formation en fonction des stagiaires. Cette analyse de l'activité réalisée en aval n'a pas porté sur des changements concernant l'interface et la scénarisation de l'EVAH, mais a permis de circonscrire la situation dans laquelle cet EVAH était le plus pertinent à être utilisé. Cette étude met en avant l'intérêt de comparaisons « constructives » entre les situations de formation mobilisant des EV dans la perspective également de concevoir des situations de formation hybrides à la fois efficiente et basée sur les complémentarités des dispositifs.

Dans le cadre de cette thèse, nous avons choisi de conduire notre travail en référence au programme de recherche du cours d'action. Le cadre théorique et méthodologique du cours d'action nous semble permettre une documentation fine de la construction, de l'invalidation et du renforcement de connaissances lors d'une situation de formation. Par ailleurs, la relation organique entre la recherche empirique et la conception proposée dans le cadre de ce programme de recherche nous semble particulièrement pertinente dans le cadre de la conception des situations de formation favorisant l'apprentissage/développement des acteurs, et plus généralement pour le domaine de recherche et de conception portant sur les EV.

I 2.3 Problématique générale et questions de recherche

Notre recherche a pour but d'analyser les transformations de l'activité des formés et formateurs dans des situations de formation utilisant des EV, en décrivant finement le cours d'expérience (Theureau, 2006), afin de rendre compte (i) des processus d'apprentissage/développement concernant les formés et (ii) des transformations de l'activité du formateur et l'appropriation de l'EV à l'œuvre dans ces situations.

Nous examinerons dans une double démarche épistémique et transformative, en quoi et comment l'utilisation d'un EV de type *desktop virtual environment* en situation de formation, initiale ou de maintien de compétences, contribue à la transformation de l'activité des acteurs. De cette manière, il sera possible d'identifier des principes de conception pour les situations de formation professionnelle mobilisant des EV dans la perspective de favoriser l'apprentissage/développement des formés.

Notre problématique générale de recherche peut être énoncée dans les termes suivants : « quels sont les processus d'apprentissage/développement ou les transformations de l'activité des acteurs dans une situation de formation avec un EV ? »

Cette problématique se décline en trois questions de recherche :

1. Comment caractériser – au sens « décrire et analyser » – le cours d'expérience, sa dynamique de transformation et l'apprentissage/développement des formés en situation de formation avec un EV ?
2. Comment caractériser le cours d'expérience des formateurs et le processus d'appropriation de l'EV en situation de formation ?
3. Comment mieux concevoir des situations de formation intégrant des EV et formaliser des principes de conception orientés par la connaissance des cours d'expérience ?

I 3. LE CADRE INDUSTRIEL DE LA RECHERCHE

Cette recherche porte sur l'analyse de l'utilisation de dispositifs numériques dans le contexte de la formation professionnelle d'agents de terrain (AT) nouvellement embauchés en centrales nucléaires. Cette section est consacrée à ce contexte industriel, dans le cadre duquel s'inscrit ce travail : après une présentation des enjeux de la digitalisation de la formation à EDF (section 3.1), nous introduisons l'EV réutilisé à des fins de formation (section 3.2), puis nous présentons le métier d'AT en centrale nucléaire (section 3.3) et le processus de professionnalisation mis en place par EDF (section 3.4), pour enfin expliciter l'origine de cette thèse (section 3.5).

I 3.1 Les enjeux de la formation à EDF et le recours aux technologies numériques pour la formation

I 3.1.1 Le rôle crucial du renforcement des compétences depuis 10 ans

Depuis une dizaine d'années, EDF doit faire face à un renouvellement générationnel considérable qui résulte du départ à la retraite de la « génération des bâtisseurs » (i.e., le personnel ayant construit les centrales nucléaires dans les années 70-80) et de l'arrivée en nombre de nouveaux embauchés. Les métiers de la production, particulièrement de l'exploitation des CNPE²⁴, ont été en première ligne et au cœur de ce processus avec 50 % des effectifs renouvelés entre 2005 et 2015 (Clous, 2017), ce qui présente un risque de perte de compétences des agents de la production. Face à cette situation, l'acquisition des compétences et l'intégration des nouveaux embauchés devient un enjeu prioritaire pour l'exploitation et la maintenance des centrales nucléaires.

Pour répondre à ce contexte, le « Programme Compétence » initié en 2011 vise à former et entraîner tous les salariés, en proposant un certain nombre de leviers pour revaloriser la formation. L'un de ces leviers porte sur la réactivation et la généralisation des « Académies de Métiers » qui consistent en des dispositifs collectifs de professionnalisation des jeunes embauchés, définis selon des référentiels métiers. Ainsi les métiers de la Conduite²⁵ d'une centrale nucléaire ont leur propre Académie des Métiers Conduite, dispositif décrit ci-dessous en 3.4. De plus, en parallèle des cursus de formation définis à l'échelle nationale et visant l'habilitation des jeunes embauchés à tenir leurs

²⁴ CNPE : Centre Nucléaire de Production d'Électricité

²⁵ Le Service Conduite est celui où l'on retrouve les équipes de conduites, responsables du pilotage du réacteur (voir section 3.3)

fonctions, le Programme Compétences renforce également l'autonomie de chaque site de production dans l'identification des besoins locaux et la définition d'actions complémentaires de formation à mettre en œuvre pour le développement des compétences des salariés de la centrale. L'objectif est de valoriser le rôle des managers de proximité afin d'encourager de nouvelles initiatives locales à la main des sites, telle que la mise en place des « Formations Réactives », souples et pragmatiques pour répondre à des demandes ponctuelles. Pour cela, le Programme Compétences a permis le développement de ressources telles que les chantiers-école²⁶ et les espaces maquettes, implantés sur chaque site, ainsi qu'un appui pédagogique de l'UFPI²⁷, l'entité de formation interne des métiers de la production. En 2017, le Programme Compétences est devenu pérenne dans toutes les entités EDF.

Plus récemment, le rapport commandité à Folz (2019) et rendu public par le gouvernement, sur les causes des retards successifs de la construction du réacteur EPR de Flamanville, pointe parmi d'autres constats une perte de compétence généralisée²⁸ de la plupart des acteurs, EDF et prestataires, « tant du fait, du départ en retraite des spécialistes confirmés que du défaut d'entretien des expertises et savoir-faire inutilisés » (Folz, 2019, p. 28). En réponse à cet état des lieux, la direction d'EDF a lancé le plan Excell pour la période 2020-2025, dont un volet porte sur le renforcement des compétences.

I 3.1.2 L'évolution numérique de la formation

En parallèle de l'accent mis sur le développement et le renforcement des compétences, il existe une volonté croissante d'EDF d'inclure la formation dans la « transition numérique » de l'entreprise, menée depuis une décennie dans l'intention de moderniser et de simplifier les processus par le recours aux technologies de l'information. Toutes les branches d'EDF expérimentent l'introduction du numérique dans la formation à différents niveaux (formation initiale, mises à niveau...) et pour de nombreux métiers (du technique au management en passant par le commerce). Un foisonnement d'entités du Groupe EDF, pérennes ou éphémères, sont motrices dans ces expérimentations, qui, pour la plupart, renvoient à l'introduction d'outils numériques dans les dispositifs de formation.

²⁶ Chantier-école : espace de formation avec un ensemble restreint de tuyauteries, vannes et système élémentaire agencé de manière à représenter des chantiers d'exploitation. Les chantiers-écoles sont destinés aux intervenants pour acquérir et s'entraîner aux gestes techniques de la maintenance et aux règles de base de la sécurité au travail.

²⁷ UFPI : Unité de proFessionnalisation pour la Performance Industrielle

²⁸ Cette perte de compétence faisait référence aux métiers de soudeurs, mais pas exclusivement.

Chapitre 1 : Contextualisation de la Recherche

Les arguments avancés concernant les bénéfices escomptés des modalités numériques de la formation portent sur un accès facilité à la formation et une réduction des coûts, avec l'idée sous-jacente que le numérique est associé à l'apprentissage à distance. Il permettrait ainsi de réduire le temps d'animation des formateurs, et serait propice à une plus grande flexibilité dans les parcours de formation et une meilleure attractivité pour les nouvelles générations. Pour l'entreprise, accroître l'attractivité des formations (par le biais de pédagogies adaptées donnant envie d'apprendre par la variété, la simulation, le ludique et l'interactivité) permettrait de répondre aux attentes fortes des nouvelles générations d'entrants, avec des dispositifs innovants à la hauteur des outils disponibles dans leur environnement familial et culturel. De même, la digitalisation²⁹ de la formation est vue comme un moyen de sortir du cadre des formations magistrales, de moins en moins acceptées par les jeunes embauchés, afin de se rapprocher du travail –rapprochement rendu possible par les technologies numériques.

Ainsi, en 2015, le mot d'ordre de la Direction des Ressources Humaines (repris dans le plan stratégique d'EDF) est d'atteindre l'objectif d'un taux de digitalisation des formations de 20% à l'horizon de 2020. Il faut noter que la notion de digitalisation de la formation fait référence à un spectre assez large d'initiatives de formation intégrant une composante numérique, allant du suivi de formations en e-learning à l'utilisation par le formateur d'artefacts numériques comme un tableau blanc interactif ou des applications de tchats à la disposition des stagiaires, en passant par l'usage de simulateurs numériques de salle de commande pleine échelle, ou le recours à la RV ou la réalité augmentée en formation, ou encore des vidéoformations.

L'unité de formation technique interne d'EDF (UFPI), en charge de la formation des métiers de la production, est un des vecteurs de cette digitalisation. La feuille de route de 2020 de cette entité déclinait un projet « Apprentissages Immersifs » qui vise à développer les usages de la RV et réalité augmentée en formation, et un plan d'action à la professionnalisation des formateurs au digital initié en 2019 pour les aider à exploiter de nouvelles méthodes pédagogiques digitales. Il existe déjà une palette d'outils numériques développés depuis les années 2010 et accessibles sur une plateforme de formation à distance proposée par une équipe de l'UFPI. Nous pouvons ainsi citer des outils de vidéo formatives permettant de visualiser le bon geste métier commenté par un expert

²⁹ Nous employons ici indifféremment les termes de numérique ou digital pour évoquer les nouvelles technologies de l'information.

Chapitre 1 : Contextualisation de la Recherche

connaissant les points sensibles activités rares ou difficiles à réaliser, des outils de visualisation des phénomènes physiques couplés à un simulateur permettant d'appréhender les principes de fonctionnement d'un procédé, des *serious game* et des formations de sécurité incendie faisant appel à la réalité augmentée, etc. La plupart de ces dispositifs ont été conçus par des équipes d'appuis pédagogiques avec la préoccupation de s'adapter aux besoins des formateurs pour leur proposer des technologies éducatives utiles, sans pour autant s'appuyer sur des analyses documentées de leur activité ni de celles des formés. Il y a cependant peu de retours sur le taux d'utilisation réel de ces dispositifs.

La mission des équipes de recherche en RV et intelligence artificielle de l'entité Recherche et Développement (R&D) d'EDF est également de développer des recherches technologiques sur l'utilisation des environnements virtuels, immersifs ou non. Il s'agit d'explorer et promouvoir de nouveaux concepts et des innovations basées sur les technologies de l'information. La démarche de développement de ces innovations est assumée comme étant techno-centrée (techno -push) à l'exemple de l'EV ayant eu un rôle central dans le volet technologique de cette recherche (voir section 3.2). Leur potentiel d'utilisation pour la formation est souvent évoqué et, plus rarement, expérimenté avec des formateurs volontaires.

En contraste, l'équipe Facteurs Organisationnels et Humains de la R&D a mis en avant, dans sa Note d'Orientation Stratégique FOH pour la période 2018-2023, un nouveau thème avec la visée d'établir les bases d'un programme d'étude opérationnel sur la formation des adultes et les innovations en formation à EDF. Les axes de travail de cette proposition sont : concevoir des dispositifs innovants de formation à partir de la connaissance des activités de travail et des situations de formation, spécifier et faire connaître l'activité des formateurs afin d'identifier l'impact de la digitalisation de la formation sur leur activité, et poser les bases d'un programme de recherches technologique en formation des adultes. Cette thèse contribue à ce programme d'étude, et son auteure a été intégrée à l'équipe de chercheurs FOH de la R&D.

I 3.2 VVProPrepa³⁰ : un environnement virtuel de visualisation 3D du bâtiment réacteur

Notre thèse s'est adossée à un projet de recherche³¹ qui vise à développer des solutions technologiques et organisationnelles en s'appuyant sur des représentations spatiales numériques du bâtiment réacteur (BR), pour optimiser les arrêts de tranche³² des centrales nucléaires par une meilleure préparation des interventions et des travaux de maintenance. L'EV, élément pivot de cette recherche, a été développé par les chercheurs en RV de ce projet. Il consiste en un outil de visualisation qui fournit une représentation 3D complète du bâtiment réacteur.

Un centre de production nucléaire se compose schématiquement de deux parties : un « îlot nucléaire » dans lequel la fission nucléaire produit de la chaleur, et un « îlot conventionnel » où cette chaleur est transformée en courant électrique (Figure 21). Le bâtiment réacteur contient le réacteur proprement dit et l'ensemble des éléments essentiels tels que la cuve, le cœur du réacteur, les générateurs de vapeur, le circuit primaire sous pression, etc. Construit en béton armé, il sert d'enceinte de confinement des éléments radioactifs en cas d'accident ; son étanchéité est très importante et il est inaccessible en fonctionnement normal (sauf de très rares exceptions soumises à autorisation du directeur de la centrale). Son agencement spatial est relativement complexe : de forme circulaire, il est composé de 11 niveaux, auxquels s'ajoutent des demi-niveaux intermédiaires, des ascenseurs, escaliers et des crinolines. Certains matériels de grande taille traversent verticalement les niveaux, (par exemple les générateurs de vapeur) ou courent horizontalement d'un local à un autre (par ex. les tuyauteries du circuit primaire).

³⁰ VVProPrepa : Visite Virtuelle Professionnelle pour la Préparation

³¹ Il s'agit du projet « ManuReVa » : Réalité Virtuelle et Augmentée pour la Manutention.

³² Arrêt de tranche : une tranche est unité de production comprenant l'ensemble des installations, le bâtiment réacteur, le bâtiment combustible, la salle des machines et une ou plusieurs tours de refroidissement. Une centrale nucléaire comporte de 2 à 6 tranches selon les sites. Un arrêt de tranche est l'arrêt programmé tous les 12 ou 18 mois pour la maintenance et le rechargement du combustible.

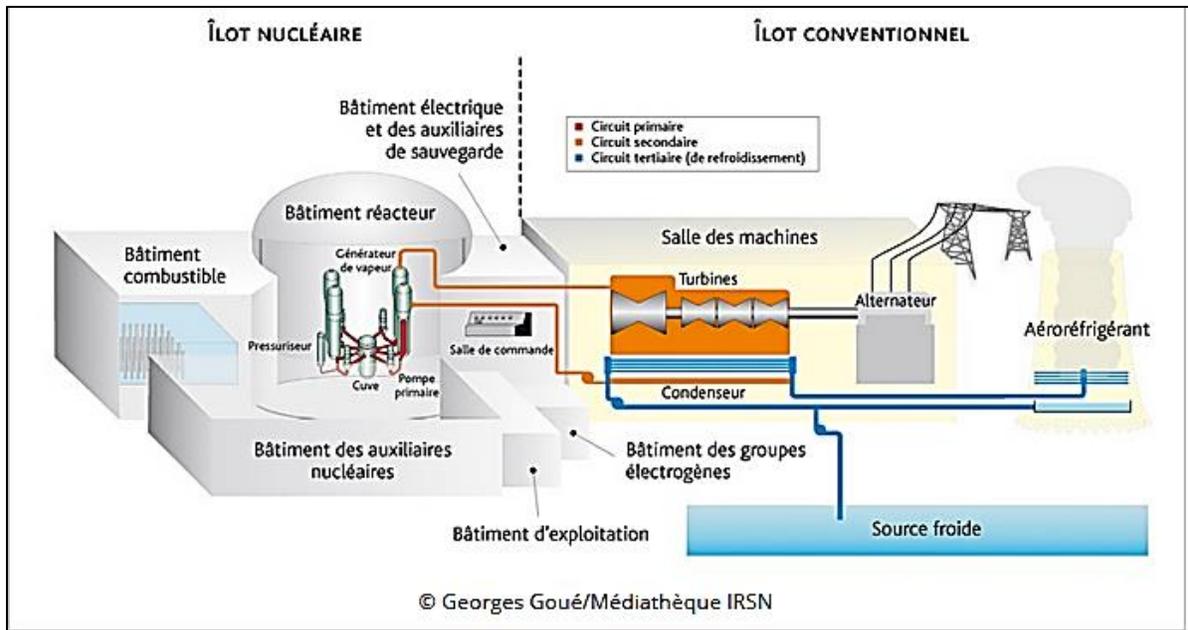


Figure 21. Représentation simplifiée d'une centrale nucléaire. Source IRSN.

L'inaccessibilité de ce bâtiment lorsque la centrale est en fonctionnement est une contrainte importante pour la préparation des travaux de maintenance programmés pendant les arrêts de tranche. C'est dans ce contexte que des chercheurs en RV de la R&D ont conçu VVProPrepa, dont la finalité première est d'aider les chargés d'affaires à prendre en compte les contraintes spatiales liées à l'agencement interne du bâtiment réacteur pour préparer avec précision les dossiers d'interventions de maintenance qui seront réalisées pendant les arrêts de tranche. En effet, avec cet EV il est possible de se déplacer dans l'ensemble du bâtiment, de visualiser les différents organes et étiquettes se trouvant sur les organes (les étiquettes sont lisibles à 5 mètres), et de réaliser des mesures avec une marge de précision de 2 cm pour anticiper l'environnement des chantiers (pose d'échafaudages, déplacements d'équipements qui seront remplacés lors de l'arrêt de tranche, etc.).

I 3.2.1 Les différentes vues de l'environnement virtuel

Cet EV est basé sur la RV et sur les techniques d'imagerie numérique combinant (i) des plans 2D, (ii) une modélisation 3D de l'environnement égocentrique³³ nommée dans cette thèse « vue 3D » (iii) des photographies sphériques de haute définition (HD) à 360°, (iv) des scans laser, et (v) des

³³ Dans un référentiel égocentrique, l'orientation et les mouvements respectent la position et l'orientation des yeux, de la tête et du corps, comme une vue à la 1^{ère} personne, tandis que dans le référentiel exocentrique la position, l'orientation et les mouvements sont définis dans des coordonnées externes au corps (Fuchs, Moreau, et al., 2003), par exemple une vue de l'installation en survol.

modèles 3D³⁴ de l'ensemble du bâtiment étage par étage dénommées « vues en survol » (Fuchs, Moreau, et al., 2003), terme qui sera utilisé dans cette thèse (Figure 22).

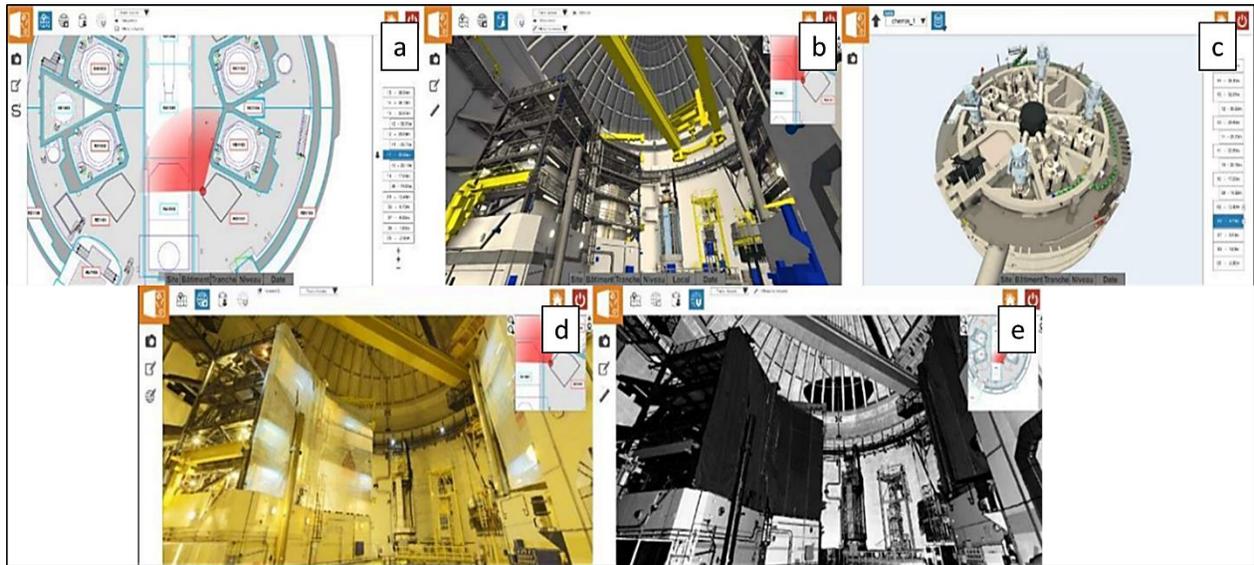


Figure 22. Différentes vues de l'EV VVProPrepa : (a) plan 2D, (b) modélisation 3D, (c) vue en survol, (d) photos sphériques et (e) scan laser.

Les utilisateurs accèdent à cet EV par un ordinateur et évoluent dedans par un clavier/souris. En ce sens, il s'agit d'un *desktop virtual environment* (Komis, 2004) avec des caractéristiques d'EV non-immersifs ou encore d'immersion basse (voir section 1).

Les utilisateurs peuvent naviguer d'une photo sphérique à une autre en cliquant sur les icônes indiquant leur emplacement dans la scène. Par ce mode de navigation *click-to-go* (Anguelov et al., 2010), cet EV présente des analogies avec Google Street View. Il offre ainsi la possibilité d'être téléporté d'une photo à une autre pour explorer un endroit. Ces différents modes de visualisation de VVProPrepa en font un environnement sphérique-panoramique, c'est-à-dire « un environnement composé de photographies 360°, capturées à intervalles réguliers dans un cadre réel, complétées par des aides virtuelles à la navigation telles que des chemins, des cartes dynamiques et des annotations textuelles » (Napieralski et al., 2014, p. 189, notre traduction). Google Street View est certainement l'environnement sphérique panoramique le plus connu.

³⁴ Ces modèles 3D sont dits comme exocentriques ou vues en troisième personne.

L'utilisateur peut également se déplacer « à la première personne » en utilisant la vue 3D³⁵, comme dans un jeu vidéo (modélisation représentée par l'image b de la Figure 22).

I 3.2.2 Les fonctionnalités de l'environnement virtuel

Cet EV propose différentes fonctionnalités qui ont été pensées pour faciliter la planification des travaux dans le bâtiment réacteur.

Les principales fonctionnalités de l'outil sont les suivantes :

- la navigation entre les différentes vues : plans 2D, photographies sphériques, vues 3D, scans laser ;
- dans la vue photo sphérique, la téléportation en naviguant de photo en photo par des clics souris ;
- la prise de cote (dans la reconstruction 3D et les scans laser) (Figure 23);
- la découpe des murs permettant de visualiser ce qui se trouve dans les locaux adjacents, ce qui permet d'identifier s'il y a des organes ou des circuits importants de l'autre côté d'un mur ;
- les annotations dans les photos sphériques et dans les captures d'écran des différentes vues ;
- un algorithme de recherche automatique de chemin (que nous avons nommé « GPS ») ;
- la « Bibliothèque » qui permet la capitalisation des annotations, des captures d'écran, des calculs de chemin dans l'EV;
- l'export de tout ce qui est créé dans l'application (captures d'écran, annotations 2D ou sphériques, mesures, chemins ...) sous forme d'images JPG.

³⁵ Appeler la vue représentée par l'image (b) une modélisation 3D est un raccourci car toutes les vues reposent sur des modèles de représentation 3D. Cependant nous employons cette nomination à défaut d'en avoir une plus adéquate.

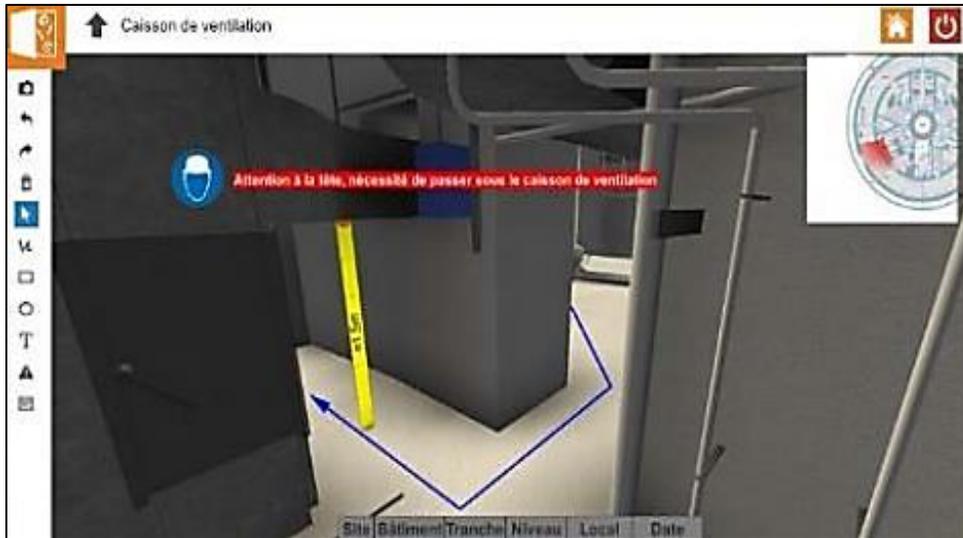


Figure 23. Exemple de réalisation d'une mesure et d'annotation avec l'EV VVProPrepa.

I 3.3 Les agents de terrain des centrales nucléaires

La formation professionnelle des AT constitue le terrain d'étude de notre thèse. Les AT³⁶, appartiennent à une équipe de Conduite, identifiée par les autres entités de la centrale comme « la Conduite », dont le rôle est de piloter la tranche pour répondre à la demande de production d'électricité du réseau national. Chaque équipe de Conduite est composée de cinq à sept AT, de deux opérateurs qui travaillent en salle de commande, d'un opérateur pilote de tranche en appui, et d'un chargé de consignation. Ces acteurs travaillent sous le management d'un délégué sécurité en exploitation, d'un chef d'exploitation délégué, et d'un chef d'exploitation (Figure 24). En situation normale, l'équipe de conduite pilote la tranche c'est-à-dire que les opérateurs mettent en œuvre des manœuvres d'exploitation et contrôlent la production en fonction d'un planning de fourniture d'électricité. Ils surveillent les paramètres, diagnostiquent des écarts ou les causes d'alarmes, et prennent des décisions en cas d'aléa. Quel que soit l'état de la tranche (en fonctionnement ou en arrêt), l'équipe doit respecter les exigences de sûreté tout en optimisant le coût de l'exploitation (Couix & Stoessel, 2013).

³⁶ La dénomination administrative de l'agent de terrain (AT) est technicien d'exploitation. Le terme Agent de Terrain est celui le plus employé par les acteurs eux-mêmes et par l'ensemble de l'équipe de conduite. Les plus anciens emploient parfois le terme de rondier.

Chapitre 1 : Contextualisation de la Recherche

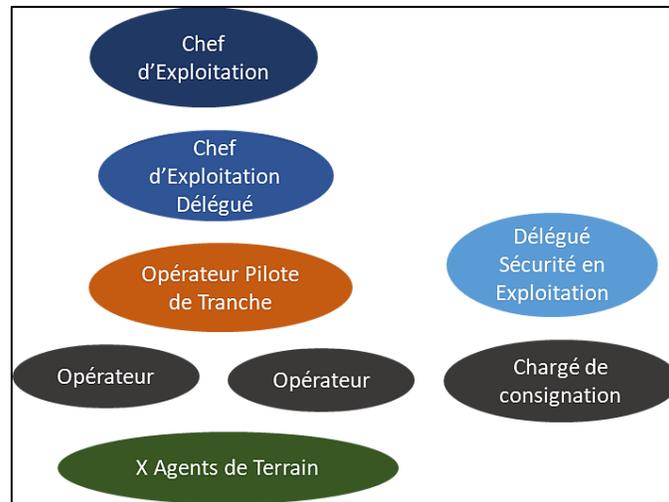


Figure 24. Composition d'une équipe de conduite permettant d'assurer le pilotage d'une tranche (adapté depuis le Guide du Noyau de Cohérence Conduite EDF, 2015).

Les AT travaillent sous l'autorité du Chef d'Exploitation qui est le responsable de la sûreté en temps réel. Leur rôle est de surveiller l'installation en « local »³⁷ et de réaliser des manœuvres d'exploitation (Palaci, 2009). Leur activité de travail implique d'intervenir physiquement sur les organes et matériels avec lesquels ils sont en contact direct (Jobert, 2014). À ce titre, les AT sont couramment considérés comme « les mains, les yeux et les oreilles » de la salle de commande.

La surveillance de l'installation se fait par des rondes d'observations, visant à vérifier l'état des équipements, et des rondes de relevés pour collecter les informations qui ne sont pas relayées en salle de commande par les automatismes (Jobert, 2014; Palaci, 2009). Il s'agit notamment de faire remonter des informations précises et fiables aux opérateurs, mais aussi de formaliser les demandes d'interventions (Guillaume & Uhalde, 2008). Les manœuvres d'exploitations et les essais périodiques qu'ils réalisent permettent de contrôler la disponibilité et le bon fonctionnement des matériels assurant la sûreté de l'installation. En début de quart³⁸, chaque AT est affecté à une zone de la centrale, (i) la salle des machines, (ii) les extérieurs, ou, (iii) les zones contrôlées, afin d'y réaliser la surveillance et les manœuvres d'exploitation prévues pour ce quart. L'activité des AT dépend de nombreux facteurs, que ce soit la localisation de la centrale en bord de mer ou de rivière, du palier technologique exploité, etc.

³⁷ Par opposition à la salle de commande.

³⁸ Quart : le réacteur fonctionnant 24h/24, il y a en permanence une équipe de conduite pilotant la tranche en roulement en 3x8, avec des opérateurs en salle de commande et des AT en poste.

I 3.4 La professionnalisation des agents de terrain

Les formations de l'équipe de conduite relèvent à la fois de l'échelon national de l'UFPI et de l'échelon local des CNPE au travers des Services Communs de Formation placés sous la double autorité de l'UFPI et du Service Conduite de la centrale. L'UFPI assure la maîtrise d'œuvre des contenus pédagogiques de formation pour le compte de la Direction Production Nucléaire ; elle conçoit, développe, puis dispense les cursus de formations habilitantes dans différents « campus ». Le processus de professionnalisation des acteurs de la conduite se réalise d'abord par la formation initiale, appelée à EDF « Cursus Initial », des jeunes embauchés en vue de leur habilitation et d'autre part, par la formation continue, appelée « Maintien des Compétences Conduite », réalisée régulièrement tout au long de leur vie professionnelle. Depuis une quinzaine d'années, chaque CNPE possède son centre de formation dédié où se trouve notamment des simulateurs pleine échelle, dispositif de base de la formation des métiers du nucléaire. Une part importante des formateurs des métiers de la filière nucléaire sont d'anciens agents de la Conduite ayant une bonne expérience du terrain ; une autre partie est constituée de jeunes ingénieurs ayant suivi une formation spécifique au nucléaire, mais n'ayant pas encore eu de responsabilités sur site.

I 3.4.1 Formation initiale : l'Académie des Métiers Conduite

Le recrutement des jeunes AT se réalise soit en sortie de BTS³⁹ ou de Licence Professionnelle spécialisée en maintenance nucléaire, soit à la suite d'autres expériences professionnelles, dans ou hors de la filière nucléaire. La professionnalisation des AT récemment embauchés en vue de leur habilitation s'accomplit par une formation initiale d'une durée de 18 mois, structurée par l'organisation de l'Académie des Métiers, mise en place par le Programme Compétences (Figure 25). Ainsi, dès leur prise de fonction, les nouveaux AT sont intégrés à deux dispositifs : d'une part, un dispositif commun à tous les salariés du nucléaire et d'autre part, un cursus propre au métier d'AT.

Le dispositif d'intégration que tout nouvel employé doit réaliser, quelle que soit sa fonction (technique ou administrative), a comme objectif que les nouveaux embauchés s'approprient la

³⁹ BTS CIRA (Contrôle Industriel et Régulation Automatique) ou Électronique, BTS Électronique, BTS Mécanique et Automatismes Industriels, DUT Mesures Physiques, DUT Génie des Procédés, DUT Génie Industriel et Maintenance, DUT Génie Électrique et Informatique Industrielle ou DUT Génie Thermique et Énergie

« culture » de la production nucléaire en abordant les sujets de la sécurité, de la sûreté et du fonctionnement de la centrale.

À la suite de ce module d'intégration, les AT intègrent une promotion d'environ 12 stagiaires de l'Académie des Métiers Conduite, afin d'acquérir les compétences spécifiques nécessaires à leur habilitation. Cette formation professionnalisante s'effectue en alternant des périodes de cours théoriques en salle et de stages thématiques⁴⁰ souvent sur chantier-école (1/3 de la formation) avec des semaines sur le terrain au sein d'une équipe de Conduite (2/3 de la formation). Cette formation est habilitante ; sa réussite conditionne la possibilité pour l'AT de travailler dans une équipe de Conduite.

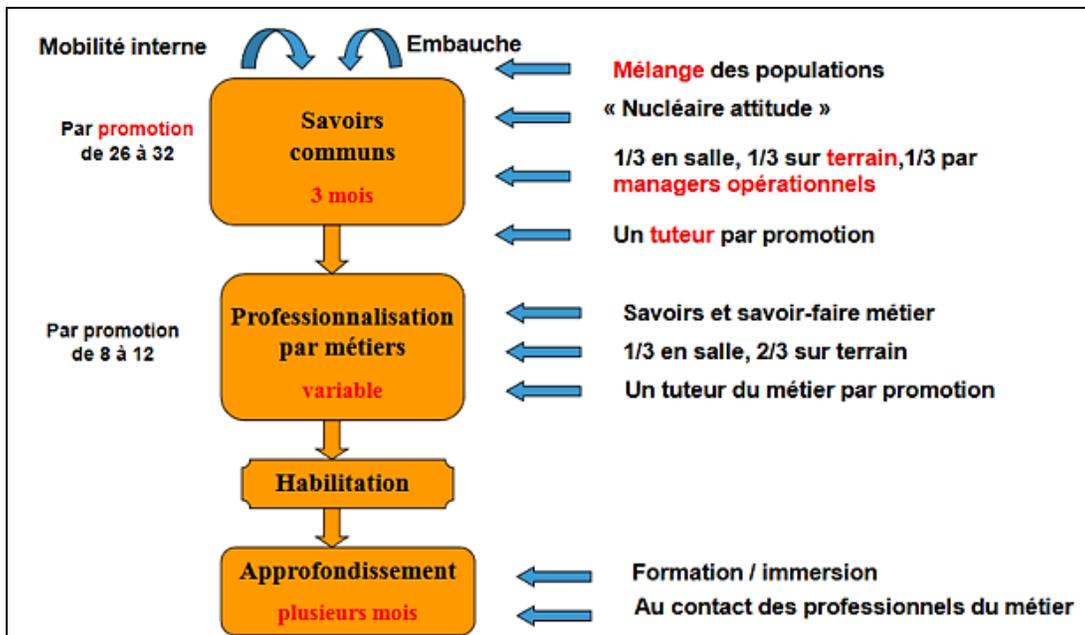


Figure 25. Schéma d'organisation des Académies des Métiers. Source EDF.

Stages et cours théoriques

La formation en salle est constituée de plusieurs parties thématiques introduisant les divers sujets que les AT seront amenés à approfondir durant leurs périodes sur le terrain. L'apport de connaissances est organisé en trois grands modules correspondant aux lieux de réalisation de leurs futures activités : la « Salle des Machines », « Extérieur » et « Zone Contrôlée ». Les formateurs

⁴⁰ Par exemple des stages en Robinetterie, Automatismes, etc.

qui animent les cours théoriques sont des anciens AT HMT⁴¹ avec une grande expérience professionnelle.

Immersion sur le terrain en équipe de Conduite

Les AT en formation sont rattachés à une équipe de Conduite pour y faire les immersions prévues dans le cadre de leur formation. Pour chaque AT en formation, un tuteur est désigné ainsi qu'un « compagnon ». Le tuteur, en charge de l'accompagnement de la professionnalisation, est le référent dans l'équipe de Conduite vers qui l'AT en formation peut se tourner s'il a des questions dans sa formation. Le compagnon, AT habilité, accompagne le stagiaire sur le terrain pour réaliser en binôme les rondes, essais périodiques ou toute autre intervention.

Même si chaque AT en formation est rattaché à une équipe, il peut occasionnellement faire des immersions dans d'autres équipes de quart, par exemple si le planning de son équipe n'est pas compatible avec celui de sa formation. De même, si une tranche est en arrêt pour rechargement du combustible et/ou maintenance lors du module « zones contrôlées », il arrive que les AT en formation participent à ces interventions afin de profiter de l'ouverture du bâtiment réacteur, rarement accessible, pour se familiariser avec cet environnement.

Evaluation à l'issue de la formation et habilitation

Chacun des trois modules est clôturé par une évaluation écrite et une mise en situation sur le terrain qui est également évaluée. Il est demandé à l'AT de réaliser une ronde et une manœuvre en explicitant ses actions. Les évaluateurs⁴² l'observent pendant la réalisation de ce travail, et émettent à l'issue de l'évaluation un avis favorable ou défavorable à l'habilitation de l'AT, qui sera décidée par son Chef d'Exploitation.

I 3.4.2 Le maintien des compétences

Après leur habilitation, les AT disposent, comme tous les autres membres de l'équipe de Conduite, de jours dédiés pour approfondir leurs compétences. Des formations obligatoires de « Maintien de Capacité Conduite » leur sont imposées et permettent un rafraichissement de leurs connaissances sur des situations de pilotage rarement rencontrées, comme la conduite accidentelle, ou les phases

⁴¹ HMT : Haute Maîtrise Terrain

⁴² Les évaluateurs sont les formateurs, le chef d'exploitation de la future équipe de l'agent de terrain, ainsi que le compagnon du stagiaire s'il le souhaite

de démarrage ou d'arrêt des installations. Un AT habilité doit également réaliser des formations techniques (Chimie, Fiches de Manœuvre, Lignages ...).

Par ailleurs, avant certaines interventions spécifiques rares, les AT ont la possibilité de se rendre dans le « bâtiment maquette » pour s'entraîner sur des maquettes de robinets et de conduites en simulant l'intervention qu'ils devront réaliser sur le terrain dans le cadre de formations « Juste à temps ».

I 3.5 La genèse de la recherche : étudier le potentiel de formation de l'environnement virtuel

Cette recherche a été initiée lorsque l'outil VVProPrepa était encore en phase d'expérimentation sur un site nucléaire en vue de son déploiement sur l'ensemble des autres centrales. C'est lors de l'analyse de cette expérimentation, menée par des chercheurs en ergonomie de la R&D, que les capacités de visualisation du bâtiment réacteur offertes par l'outil ont interpellé des responsables de la formation du site. Son potentiel pour la formation était perçu d'une part vis-à-vis de la familiarisation en situation des nouveaux salariés ne connaissant pas ou peu le bâtiment réacteur, mais aussi pour la formation initiale des AT.

Ce contexte industriel constitue le point de départ de la collaboration qui s'est progressivement instituée avec les acteurs locaux de la formation du site, et qui ont convergé pour expérimenter l'EV avec une première promotion d'AT participant à l'Académie des Métiers Conduite.

Les formateurs ont d'abord sélectionné une séquence de cours théoriques portant sur le rôle des équipements du bâtiment réacteur. Cette séquence de formation a été choisie par son importance pour les futurs AT : outre que ce bâtiment est celui représenté dans l'EV, les formés doivent maîtriser de nombreuses manœuvres d'exploitation spécifiques à ce bâtiment et qu'il n'est pas possible de s'y rendre en fonctionnement normal pour se familiariser avec. Au départ, il leur a d'abord été proposé de tester l'outil en situation de salle de classe sur une session de formation préexistante (Étude 1). Puis, de fil en aiguille, la collaboration s'est accrue avec les formateurs, l'intérêt pour la présente recherche s'est accentué. Nous avons ainsi proposé deux nouveaux dispositifs de formation et professionnalisation destinés aux AT. L'un concerne la formation initiale des AT dans le cadre de l'Académie des Métiers de la Conduite (Étude 2), l'autre dispositif cible les AT récemment habilités (Étude 3).

CHAPITRE II

CADRE THÉORIQUE ET OBSERVATOIRE

Pour étudier l'activité des formateurs et des formés lors de situations de formations mobilisant un EV, nous avons choisi d'inscrire notre recherche dans le programme du cours d'action. Ce chapitre présente le cadre théorique et méthodologique du programme de recherche du cours d'action et est composé de trois sections :

- La section 1 présente (i) les trois hypothèses fondamentales du programme de recherche cours d'action, (ii) la caractérisation de l'activité humaine suite à ces choix épistémologiques, et (iii) les objets théoriques pour l'étude de l'activité humaine.
- La section 2 détaille l'Observatoire générique de ce programme de recherche, c'est-à-dire l'ensemble d'outils et méthodes de constitution de données, fondé théoriquement en relation organique avec les hypothèses présentées en section 1, et qui ont été mobilisés dans notre recherche.
- La section 3 présente l'Atelier méthodologique du programme, c'est-à-dire l'ensemble des outils et méthodes d'analyse et de modélisation de l'activité humaine, mobilisés dans notre recherche.

II 1. HYPOTHÈSES ET OBJETS THÉORIQUES DU PROGRAMME DE RECHERCHE

Cette recherche s'inscrit dans le programme de recherche du « cours d'action » et plus spécifiquement dans le programme de recherche technologique en formation des adultes. Cette première section expose les trois hypothèses fondamentales et les objets théoriques subséquents à ces hypothèses. L'Observatoire, c'est-à-dire l'ensemble d'outils et méthodes de construction de données sur l'activité humaine (section 2) et l'Atelier méthodologique, c'est-à-dire l'ensemble des outils et méthodes d'analyse et de modélisation de l'activité humaine (section 3), sont organiquement liés aux hypothèses fondamentales présentées dans cette première section.

II 1.1 Hypothèses fondamentales du programme de recherche cours d'action

II 1.1.1 Hypothèse ontologique de l'enaction

« Il n'y a pas de chemin, le chemin se fait en marchant »

Antonio Machado, cité par Francisco Varela

La première hypothèse ontologique est celle de l'enaction telle que proposée par Maturana et Varela (1987) et enrichie par Theureau (1992, 2009) afin de mieux prendre en compte (i) la dimension temporelle complexe de l'activité humaine et (ii) le rôle de la technique et de la culture (Theureau, 2009). Le paradigme de l'enaction se structure autour de l'hypothèse de l'autopoïèse, selon laquelle un système vivant fonctionne de manière à générer et maintenir son organisation interne (Maturana & Varela, 1987). Ainsi, un système vivant interagit avec les éléments de son environnement qui sont pertinents pour son organisation interne et sa pérennité. Un système autopoïétique est à la fois autonome et précaire (ou vulnérable) : il évolue et se transforme à chaque instant en relation avec les flux d'informations qui viennent de son environnement dans la perspective de se maintenir et de maintenir son organisation. Autrement dit, « l'autopoïèse désigne cette organisation circulaire ou circularité auto-référentielle » (Durand, 2008, p. 99) du système vivant, qui, en fonction des différentes perturbations de l'environnement, spécifie son organisation interne.

L'enaction postule d'un couplage structurel entre l'acteur et son environnement. Ce dernier renvoie aux « rapports dynamiques d'un système vivant avec son environnement » (Theureau, 2004, p. 28).

Chapitre 2 : Cadre théorique et Observatoire

Le couplage entre une entité vivante et son environnement est *in-formati* (formé de l'intérieur) dans la mesure où c'est l'entité qui définit ce qui, dans son environnement, la perturbe et façonne la réponse qu'elle peut apporter à cette perturbation.

Ainsi, tout élément venant de l'environnement ne va pas forcément générer une transformation dans l'organisation interne d'un être vivant, mais certains éléments sont capables de provoquer une perturbation dans le couplage structurel (un message d'erreur affiché sur l'écran de l'EV, le regard interrogatif d'un stagiaire, etc.).

Theureau (1992) reprend les trois niveaux de couplage structurel de Maturana et Varela (1987) qui sont (i) le couplage structurel de premier ordre, défini comme étant le couplage entre le système vivant et son environnement ; (ii) le couplage structurel de second ordre, le couplage entre l'organisme ayant un système nerveux et le système nerveux lui-même ; et (iii) le couplage structurel de troisième ordre, appelé aussi « couplage structurel mutuel ontogénique » défini comme le couplage entre plusieurs systèmes vivants ayant des systèmes nerveux centraux, leurs systèmes nerveux centraux et l'environnement.

Ainsi, si le couplage structurel de premier ordre peut s'appliquer à tout être vivant, celui de second ordre se limite à tout système vivant « évolué » (Theureau, 1992, p. 32) et le couplage structurel de troisième ordre est uniquement pertinent pour les êtres sociaux, car combiné à leur dynamique d'organisation interne, il donne lieu notamment au langage. Le développement d'un couplage structurel de troisième ordre, c'est-à-dire entre plusieurs systèmes vivants ayant un système nerveux, permet à chacun des systèmes vivants d'avoir un discours public, mais aussi un discours privé. Le programme de recherche cours d'action vise, pour sa part, une description « acceptable » du domaine cognitif et du domaine consensuel des acteurs dans le cadre de leurs interactions avec l'environnement.

Dans ce cadre, l'activité cognitive ou cognition (au sens le plus large) d'un acteur consiste i) en une dynamique de son couplage structurel avec son environnement, ou encore en une succession ou un flux d'interactions entre cet acteur et cet environnement, et ii) en l'action de « faire émerger » un monde pertinent pour son action. Il devient dès lors illusoire de vouloir comprendre la cognition d'un acteur en séparant l'acteur de son environnement (De Loor & Tisseau, 2011).

Cette histoire des couplages, qui est unique pour chaque individu, est l'expression du côté actif de son identité, son activité organisatrice, son comportement. L'histoire des couplages d'un système autonome (c'est-à-dire possédant une structure autopoïétique) est comme un projet interne que le système manifesterait vis-à-vis des perturbations du milieu. C'est un chemin qui ne serait pas une séquence préétablie, mais une séquence que le système lui-même fait émerger. Cette double articulation entre l'identité autopoïétique et l'histoire des couplages caractérise les deux qualités essentielles des systèmes vivants. Elle explique aussi comment une totalité naturelle peut poursuivre un projet qui n'est pas prescrit ou prédéterminé, mais seulement compréhensible à travers son épigénèse historique. Les systèmes autonomes, même au niveau le plus élémentaire, se comportent comme s'ils avaient un projet propre. (Varela, 1987, p. 92)

II 1.1.2 Hypothèse ontologique de la conscience préreflexive (ou expérience)

Le second postulat du programme de recherche cours d'action est celui de la conscience préreflexive, notion définie par Sartre (1943) et enrichie par Theureau, en conjonction avec l'hypothèse de l'enaction. Selon l'hypothèse de la conscience préreflexive, l'activité humaine va de pair avec une modalité de conscience particulière, consubstantielle au cours de l'activité et à l'origine d'un point de vue en première personne : une présence à soi ou expérience de soi-même en train d'agir (Theureau, 2004). Ainsi, dans des conditions favorables, un acteur peut, jusqu'à un certain point, montrer, mimer, raconter et commenter son activité à un interlocuteur. Les monstres, mimiques, récits et commentaires constituent l'effet de surface des interactions in-formatives entre cet acteur et son environnement. Aussi ce ne sont pas uniquement les éléments de langages qui permettent l'actualisation de la conscience préreflexive, mais aussi les mimes et simulations de gestes. Les travaux de Petitmengin (2006) soulignent par exemple l'importance des « gestes métaphoriques » dans l'explicitation qui se rapprochent de ce qui est montrable de la situation d'un acteur.

La notion de conscience préreflexive est définie comme « compréhension immédiate du vécu » (Theureau, 2006). Comme le souligne l'auteur, l'écart entre « compréhension du vécu » et « vécu » correspond à l'écart entre les objets théoriques cours d'expérience et cours d'in-formation qui seront présentés par la suite, avec la spécification que « parmi le cours d'in-formation qui est vécu, seule une partie donne lieu à conscience préreflexive et donc à compréhension ou expérience

immédiate, tandis que l'autre partie ne peut donner lieu à expérience que moyennant une "prise de conscience" » (Theureau, 2006, p. 55). Dans le cadre du cours d'action, l'expérience n'est pas conceptualisée comme un processus ou le produit d'un processus actif d'introspection ou d'exploration par l'acteur de sa subjectivité ou de son intériorité, comme dans le cas de la conscience pré-réfléchie (Vermersch, 2012), mais comme un concomitant naturel de son engagement vital au monde. Elle n'est donc pas retournée vers le sujet et son intériorité, mais constitue l'expression permanente d'un « éclatement au monde » (Sartre, 1936, p. 32; Theureau, 2004).

II 1.1.3 Hypothèse analytique de l'activité-signe

Dans le programme de recherche du cours d'action, toute activité est conceptualisée comme cognitive, c'est-à-dire comme création et manifestation de savoir ; et toute cognition est inscrite dans une sémiose, de sorte que la dynamique d'activité est caractérisée par une dynamique de signification. Dans la proposition du modèle d'analyse sémiologique, Theureau élargit la notion de « pensée signe » (Peirce, 1978) selon laquelle « l'homme pense et agit par signes » en proposant l'hypothèse de l'*activité-signe*. L'activité est ainsi envisagée comme une sémiose, autrement dit comme une construction permanente de significations : agir, c'est construire des significations dans un environnement spécifique. Selon cette hypothèse, l'activité donnant lieu à *conscience pré-réflexive* peut être décrite par une concaténation de signes.

La phanérosopie de Peirce résulte du rapprochement entre une approche sémiotique et phénoménologique. Peirce (1978) définit comme phanérosopie la description du « phanéron », c'est-à-dire l'étude de la « totalité collective de tout ce qui de quelque manière et en quelque sens que ce soit, est présent à l'esprit, sans considérer aucunement si cela correspond à quelque chose de réel ou non » (p. 78). La théorie de la phanérosopie de Peirce (1978) s'articule autour de trois catégories fondamentales, celle de la Priméité, Secondéité et Tiercéité. La Priméité est « le mode d'être qui consiste dans le fait qu'un sujet est positivement tel qu'il est, sans considération de quoi que ce soit d'autre ». La Priméité (Possible) est la catégorie du sentiment (feeling) et de la qualité, et caractérise l'univers des possibles actualisés ou non. La Secondéité (Actuel, choc) est le « mode d'être de ce qui est tel qu'il est par rapport à un second, mais sans considération d'un troisième », c'est l'univers des existants, la lutte, l'expérience, le fait. C'est la catégorie du *hic et nunc* qui « implique la priméité » (Deledalle, 1978, p. 245). La Tiercéité (Virtuel, loi) est enfin le « mode

d'être de ce qui est tel qu'il est en mettant en relation réciproque un second et un troisième », en se définissant par les choses qu'il met en relation. C'est la catégorie de la pensée ou signification, de la loi.

Pour appréhender l'hypothèse analytique de l'activité-signé, nous présentons le signe dit hexadique proposé par Theureau (et ses six composantes) et les précisions autour de la composante de l'Interprétant à partir des inférences de déduction, induction et abduction.

Le signe hexadique

Pinsky et Theureau (1987), inspirés des travaux de Peirce et cherchant à proposer une alternative aux travaux définissant le signe comme « une relation dyadique entre un signifiant et un signifié », ont défini « le signe pour l'action comme une relation triadique » (Pinsky & Theureau, 1987, p. 13). Ainsi, dans cette première proposition, le signe était défini comme « la relation d'un Representamen (R) à son Objet (O) par la médiation d'un Interprétant (I) » (Pinsky & Theureau, 1987, p. 14). Depuis, plusieurs modifications ont été apportées, avec la proposition d'un signe tétradique (Theureau, 2004, 2012), d'un signe hexadique (Theureau, 2000, 2006), puis des hexatomies du signe hexadique (Theureau, 2015). Chaque signe dans le cadre sémiologique résulte de l'articulation des composantes, chacune constituant une « catégorie générique d'analyse de l'activité et de l'expérience » (Saury et al., 2013, p. 42).

Dans cette recherche, nous mobilisons le signe hexadique (Figure 26) pour rendre compte de l'activité des acteurs (formateurs et formés) lors de séances de formation ou lors de la (re)conception des séances de formation. Le signe hexadique, comme son nom l'indique, est composé de six composantes : l'Engagement (E), l'Actualité Potentielle (A), le Référentiel (S), le Representamen (R), l'Unité Élémentaire (U) et l'Interprétant (I). La Figure 26, présentée par Haué et al. (2020), illustre la construction du signe à partir des catégories fondamentales de Peirce. La description des composantes du signe, et de leur enchaînement, permet de décrire l'activité d'un acteur « appréhendée d'un point de vue intrinsèque »⁴³ (Saury et al., 2013, p. 42).

⁴³ La notion de description intrinsèque est précisée dans la section II 1.2.

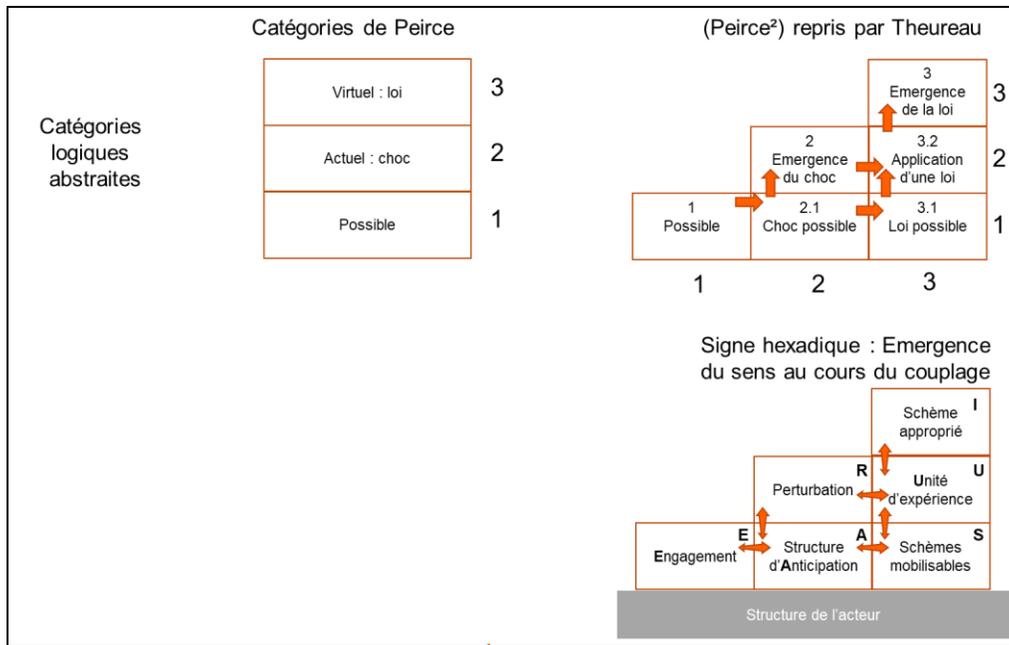


Figure 26. Construction du signe hexadique à partir des catégories de Peirce (adapté de Haué et al., 2020, p. 8).

Les trois premières composantes E-A-S rendent compte de l'expérience de l'acteur en termes de *Priméité* d'après Peirce (1978) ou *Possible* d'après Theureau (2006), c'est-à-dire l'ensemble des possibles ouverts pour l'acteur à un moment donné de son activité. Elles traduisent l'histoire du couplage de l'activité humaine à chaque instant (Theureau, 2015). Les composantes de la deuxième ligne U-R de la Figure 26 font référence à la *Secondéité* (Peirce, 1978) ou *Actuel* (Theureau, 2006), c'est-à-dire à ce qui fait choc et ce que fait l'acteur à l'instant présent. Enfin l'Interprétant correspond à la *Tiercéité* (Peirce, 1978) ou *Virtuel* (Theureau, 2006), c'est-à-dire à la création et l'évaluation de règles et lois, ayant comme ancrage la situation présente, mais en la dépassant par l'intégration de ces règles et lois dans le Référentiel, pour une mobilisation de ces règles et lois dans des situations à venir.

Après avoir présenté l'ensemble du signe hexadique, nous détaillons chacune de ces composantes. Pour donner corps à cette présentation théorique, nous mobilisons une illustration issue de nos données d'analyse du cours d'expérience de F2.

Engagement (E)

L'Engagement (E) de l'acteur dans la situation traduit l'hypothèse d'une téléologie sous-jacente à son activité. Celle-ci est issue des interactions « in-formatives » passées de l'acteur avec sa situation jusqu'à l'instant présent et « circonscrit à la fois les anticipations issues de ces interactions passées et les possibilités de perturbation future » (Theureau, 2006, p. 290). L'Engagement est composé par un faisceau de Préoccupations (Saury & Rossard, 2009) ou *thêmata* (Theureau, 2015) de l'acteur à un moment donné, correspondant à ce que l'acteur cherche à faire dans sa situation. Constitué d'un système d'ouverts, l'Engagement comprend l'ouverture et la fermeture de possibles pour l'activité, dont certains possibles s'actualiseront en fonction de ce qui, dans la situation, sera pertinent pour l'acteur.

Quand il raconte une anecdote de travail vécue, l'Engagement de F2 est composé de quatre Préoccupations :

- Faire passer un message fort aux stagiaires concernant l'importance de la bonne manipulation des vannes d'isolement.
- Protéger les stagiaires de certaines erreurs déjà faites par d'autres collègues.
- Partager son expérience afin que les stagiaires soient vigilants.
- Sentiment d'intérêt lié aux informations qu'ils donnent aux stagiaires et qui concernent la culture d'AT.

Actualité Potentielle (A)

L'Actualité Potentielle (A) ou de Structure d'Anticipation se réfère à l'hypothèse d'une « circonscription des anticipations ou attentes de l'acteur par l'Engagement (E), parmi l'ensemble des anticipations issues de ses interactions passées » (Theureau, 2006, p. 290). Elle traduit l'anticipation de toute activité située dynamiquement et qui « est toujours “rétention du tout juste passé” et “protention vers le tout juste à venir” » (Flandin, 2015, p. 75). Ainsi, l'Actualité Potentielle documente la sélection des attentes ou anticipations possibles dans la situation présente en fonction de l'Engagement de l'acteur, c'est-à-dire comment l'acteur s'attend à ce que les événements se déroulent. Dans notre illustration, le formateur s'attend à (i) à ce que les stagiaires soient attentifs et intéressés par l'anecdote de travail ; (ii) à ce que le retrait d'habilitation marque l'esprit des stagiaires pour qu'ils se souviennent de l'importance de bien manœuvrer les vannes d'isolement.

Pendant que F2 raconte l'anecdote de travail aux stagiaires, ses attentes sont :

- S'attend à ce que les stagiaires soient attentifs et intéressés par l'anecdote de travail.
- S'attend à ce que le retrait d'habilitation marque l'esprit des stagiaires pour qu'ils se souviennent de l'importance de bien manœuvrer les vannes d'isolement.

Référentiel (S)

Le Référentiel (S) « traduit l'hypothèse d'une co-construction du corps du monde et de la culture propres dynamiques (ouverts) de l'acteur par les précédents et l'ensemble de l'expérience passée de l'acteur » (Theureau, 2006, p. 292). Le Référentiel a la fonction de « réhabiliter l'habitude » (Ricœur, 1950 cité par Theureau 2006, p. 292) en référant l'habitude à la situation présente et aux familles de situations précédentes (Theureau, 2006). Ainsi, le Référentiel est la part du « savoir », « invariant relatif », « savoir vivant », « habitude acceptable » ou « savoir propre » que peut mobiliser un acteur à un instant t compte tenu de son Engagement dans la situation et de son Actualité Potentielle (Theureau, 2015, p. 66). Il contient l'ensemble de types, relations entre types et principes d'interprétation disponibles, qui constituent son « savoir propre », sa culture, c'est-à-dire l'ensemble de connaissances issues de ses cours d'actions passées. Ces types, relations entre types et principes de construction de savoir sont des invariants relatifs, construits par l'activité passée et renforcés ou modifiés par l'activité en train de se faire.

Theureau (2000) définit la notion de type comme « schèmes typiques d'attention, de perception, d'action, de communication, d'interprétation et d'émotion » (Theureau, 2000, p. 178). D'après Rosch (1973), la notion de type correspond « à la capacité de l'esprit humain à simplifier le réel et à le catégoriser » (Veyrunes & Yvon, 2014, p. 116), et pour cela les acteurs définissent des catégories avec le prototype⁴⁴ étant le meilleur représentant de la catégorie. Dans l'exemple connu des recherches de Rosch (1973), le prototype de la catégorie « oiseau » est le « moineau », et les autres oiseaux se définissent dans un jugement de proximité et distance (ou gradient de typicalité) avec le prototype de la catégorie (ici le moineau). Theureau (1992) a élargi la notion de prototype à des phénomènes plus étendus que les objets du monde naturel, comme des expériences, actions

⁴⁴ Durand (2006, p. 53) souligne que la mobilisation des notions de types et prototypes est issue d'un rapprochement de deux traditions de recherche, l'une issue de Rosch qui mobilise les notions « prototype »-« typicalisation », et la seconde de la sociologie avec Schutz qui emploie les termes « type »-« typification ». Durand choisit de mobiliser les notions de « type » et « typicalisation » par simplification, sans générer un problème théorique compte tenu du degré de généralité. À la suite de Durand, nous mobilisons également les notions de « type » et « typicalisation » pour rendre compte du double ancrage.

et événements, ou situations d'activité, ainsi la construction d'un type se fait par la typicalisation des couplages acteur-situation. Il devient possible que certains éléments du couplage acteur-situation soient typicalisés et que plusieurs situations présentent un air de famille entre elles. Le Référentiel, en lien avec l'Interprétant, présente un intérêt particulier pour étudier l'apprentissage/développement (Durand, 2008) puisque l'apprentissage peut se traduire par la construction d'un type, processus qui permet « une généralisation d'une expérience à l'instant t , et l'exploitation d'une expérience préalablement typicalisée » (Durand, 2006, p. 53).

Ainsi pour revenir à notre exemple, lors du récit de son anecdote de travail, F2 mobilise les types suivants :

- Les stagiaires sont plus attentifs quand il s'agit des anecdotes de travail.
- Si la vanne n'est pas bien mise en automatique ce sont les AT qui doivent retourner dans le bâtiment réacteur pour la régler.

Représentamen (R)

Le Représentamen (R) correspond à l'élément de la situation qui est significatif pour l'acteur et qui va perturber son couplage avec l'environnement. Cette composante est inspirée de la notion de Representamen de Peirce (dont elle reprend le nom), de celle de « perturbation » de Varela, et de celle de « choc » de Fichte (Theureau, 2006). Ainsi, un acteur engagé dans une situation se focalise à chaque instant sur des éléments partiels, des jugements perceptifs (« *ici et maintenant je perçois ...* »), proprioceptifs (« *ici et maintenant je fais ...* ») ou mnémoniques (« *ici et maintenant je me rappelle de ...* ») qui lui sont imposés. Theureau (2006) souligne qu'il faut différencier le Représentamen de son ancrage dans la situation ou le corps de l'acteur. Ainsi, chaque Représentamen possède un ancrage dans la situation et chaque ancrage correspond à l'événement sélectionné dans la situation, tel qu'il peut être décrit par un observateur autre que l'acteur. En revanche, le Représentamen correspond à la sélection et l'appropriation de cet événement par l'acteur. Theureau et Jeffroy (1994) précisent que la prise en compte des Représentamen est particulièrement intéressante pour les études portant sur la conception ou l'amélioration d'artefacts et de situations, car elle rend possible l'étude des différents ancrages de manière rigoureuse dans une situation particulière.

Les ancrages de ces jugements perceptifs, proprioceptifs et mnémoniques peuvent se situer, dans un premier cas, dans la situation de l'acteur, ou deuxièmement dans son expérience. Dans le

premier cas, il s'agira de « Représentamen originel » ; dans le deuxième, de « Représentamen interprétatif » (Theureau, 2004, p. 143). Ainsi, le Représentamen représente ce que l'acteur prend en compte à l'instant t, pour agir en fonction de sa structure d'attente (E-A-S) et de ses connaissances et règles (Référentiel) actualisées à cet instant t.

Le Représentamen de F2 dans notre exemple a été le suivant :

- Réponses erronées des stagiaires concernant le moyen de vérifier la mise en automatique des vannes Sereg.

Il est également possible de rapprocher la notion de Représentamen de celle d' *affordances* de Gibson (1979) qui correspond aux « offres de l'environnement » (Theureau, 2006, p. 295). Pour Theureau (2000) ce rapprochement entre les notions de Représentamen et d'affordances peut se faire sous deux conditions, si (i) la culture de l'acteur est comprise comme une seconde nature et (ii) que les affordances soient considérées comme couplage⁴⁵. Ce rapprochement est intéressant pour rendre compte des différents éléments de l'EV (VVProPrepa), pertinents pour les acteurs et en les mettant en lien avec les autres composantes du signe, rendre compte le rôle de cet environnement dans leur activité en formation.

Unité Élémentaire (U)

L'Unité Élémentaire (U) (ou unité de cours d'expérience, ou Unité Significative Élémentaire - USE) correspond à la fraction du cours d'expérience du plus petit rang et elle « absorbe » (Theureau, 2000, p. 185) le Représentamen en relation avec l'E-A-S. Il s'agit du « produit du signe », la résultante des autres composantes et un des apports essentiels de Theureau à l'œuvre de Peirce (dans la perspective d'analyser l'activité). Concrètement, l'Unité Élémentaire peut être une communication, une action pratique, une focalisation, un discours privé, toutes sortes d'inférences et interprétations, mais aussi des sentiments et des typicalisations pour finalement donner lieu à une nouvelle Actualité pour l'acteur. À partir de l'enchaînement des différentes unités

⁴⁵ Les affordances sont considérées comme couplage, in-formatives ou radicalement relationnelles, c'est-à-dire à l'opposé de la conception des affordances souvent véhiculée en conception sous l'impulsion de Norman.

élémentaires, il devient donc possible de rendre compte de l'organisation dynamique de l'expérience de l'acteur (Saury et al., 2013).

Ainsi F2 en écoutant les réponses erronées ou incomplètes des stagiaires :

- Se dit qu'en racontant le récit expérientiel du retrait d'habilitation il réussira à passer le message sur l'importance de faire manœuvrer la vanne par l'opérateur pour vérifier qu'elle est bien mise en automatique.

Interprétant (I)

L'Interprétant (I) exprime l'hypothèse de la constante transformation de l'activité en cours. Il représente la transformation du Référentiel à un instant donné, en lien avec l'Unité élémentaire et les types du Référentiel qui sont mobilisés. Ainsi, cette constante transformation des connaissances acquises de l'expérience et des habitudes situées de l'acteur donne lieu à une hypothèse : il est impossible qu'une théorie de la cognition ne soit pas directement une théorie de l'apprentissage/développement situé, autrement dit que « la théorie de la cognition ne soit pas en même temps une théorie de la transformation constante du couplage structurel entre l'acteur et son monde » (Theureau, 2006, p. 297). L'Interprétant permet de documenter la construction de nouvelles connaissances ou types, mais aussi leur validation, l'affaiblissement ou l'invalidation de types existants par la typicalisation et la mise en relation entre types (voir Référentiel).

L'Interprétant de F2 dans notre exemple a été le suivant :

- Construction d'un type : La méthode de mise en automatique d'une vanne n'est pas claire pour les stagiaires.

Précisions autour de l'Interprétant : déduction, induction et abduction

Dans cette sous-section sont présentées les trois types d'inférences : l'abduction, déduction et l'induction. Leur utilisation permet de décrire des processus de recherche, d'apprentissage, de développement et d'enquête qui nous intéressent tout particulièrement dans le cadre de cette recherche (Flandin et al., 2021; Sève et al., 2002; Zeitler, 2006). Peirce propose, en lien avec ses travaux sur les catégories, de distinguer les inférences déductives, inductives et abductives. L'abduction correspond à la formulation d'hypothèses permettant d'expliquer un fait. L'induction correspond à la création de règles à partir de l'observation de faits, alors que la déduction prouve

Chapitre 2 : Cadre théorique et Observatoire

que quelque chose doit être en accord avec une règle. Selon Peirce (1978), l'abduction est le seul des trois processus de raisonnement qui engendre la production de nouvelles connaissances avec un caractère imprévisible et incertain qui convoque l'imagination, l'intuition et la créativité (Catellin, 2004; Peirce, 1978). Par la formulation d'hypothèses explicatives provisoires, l'abduction permet la découverte des causes et constitue un préalable à l'induction qui représente la découverte des lois (Catellin, 2004). Aussi, l'abduction « suppose quelque chose d'un genre différent de ce que nous avons observé et fréquemment quelque chose qu'il nous serait impossible d'observer directement » (Peirce, 1978, 2.640).

Une abduction est une méthode pour former une prédiction générale sans assurance positive qu'elle réussira dans un cas particulier ou d'ordinaire, sa justification étant qu'elle est le seul espoir possible de régler rationnellement notre conduite future, et que l'induction fondée sur l'expérience passée nous encourage fort à espérer qu'à l'avenir elle réussira. (2.270) (Peirce, 1978, p. 220).

Chauviré (2010) souligne le recours aux raisonnements abductifs lors de la réalisation d'une enquête, dans la mesure où c'est à travers la formulation d'hypothèses que les acteurs rendent compte des phénomènes observés ou observables. L'adoption de ces hypothèses dans ces circonstances aurait comme conséquence très probable le phénomène observé. Peirce présente l'abduction sous la formulation suivante :

Le fait surprenant C est observé.

Or si A était vrai. C irait de soi.

Donc il y a une raison de soupçonner que A est vrai (5.189) (Peirce, 1978).

D'après Chauviré (2010), Peirce cherche à rendre compte de la dynamique de la recherche, tout en proposant une théorie de l'enquête comme dialectique du doute et de la croyance comme schéma régulateur de toute enquête. Dans cette dynamique de la recherche, l'abduction est le processus qui permet de comprendre les faits surprenants. Dans le schéma régulateur, l'esprit qui ne se satisfait pas du doute chercherait à retrouver un état stable de croyance et ceci se ferait à travers la formulation d'hypothèses (Chauviré, 2010, p. 28-29).

Les catégories d'abduction, induction et déduction sont reprises par Theureau (2015) dans une élaboration théorique autour de l'hexatomie du signe hexadique, autrement dit dans un effort de

spécification des sous-catégories des différentes composantes du signe hexadique. Ainsi nous retrouvons les notions d'abduction, induction et déduction dans l'Interprétant qui renseigne l'analyste sur la construction de nouvelles connaissances ou la modification de connaissances déjà acquises.

II 1.2 Objets théoriques d'analyse de l'activité humaine

Theureau (2006) définit plusieurs objets théoriques permettant d'effectuer une description de l'activité humaine : (i) le cours d'expérience, (ii) le cours d'action, (iii) le cours d'information, et (iv) le cours de vie relatif à une pratique (ou à un projet) (Tableau 3).

Tableau 3. Objets théoriques du programme de recherche cours d'action de l'activité individuelle.

Objet théorique	Description l'objet théorique et des relations entre objets théoriques
Cours d'expérience	Histoire de la conscience préreflexive ou <i>expérience</i>
Cours d'action	Cours d'expérience et contraintes et effets extrinsèques
Cours d'information	Cours d'expérience et éléments du corps, situation culture pertinents pour l'organisation interne des acteurs, mais ne faisant pas forcément partie de son <i>expérience</i>
Cours de vie relatif à un projet	Extension du cours d'action à des périodes d'activité discontinues s'étendant sur des empan temporels plus larges

Un objet théorique est une réduction acceptable d'un domaine de phénomènes permettant leur analyse scientifique et leur modélisation. Trois éléments caractérisent ces objets théoriques : premièrement, ils sont inscrits dans une relation d'inclusion ; deuxièmement, ils partagent la particularité de passer par une documentation de la conscience préreflexive et troisièmement, ils permettent de mettre l'accent sur l'organisation temporelle complexe de l'activité, contrairement à d'autres objets théoriques qui ne mettent pas en avant cette caractéristique de l'activité humaine (e.g., « cognition », « action », « émotion », etc.) (Theureau, 2011). Dans le cadre de notre recherche, nous mobilisons les objets théoriques du cours d'action et du cours d'expérience.

L'objet théorique « cours d'expérience » est une réduction de l'activité à la partie qui est significative pour l'acteur et qui donne lieu à expérience immédiate. Le « cours d'expérience » correspond à la construction de sens pour l'acteur, c'est-à-dire l'histoire de sa conscience préreflexive au cours d'une période de son activité, ou encore l'histoire du « montrable, racontable, et commentable » qui accompagne son activité à chaque instant. Il concerne le préreflexif naturel,

de surface, celui qui peut être exprimé à tout instant à un interlocuteur moyennant des conditions favorables, et en particulier de confiance mutuelle. Cet objet théorique possède son propre intérêt, sa cohérence, et son intelligibilité. Il est essentiel pour la construction des autres objets théoriques du cours d'action dont la définition respecte « le primat du cours d'expérience ». Ce « primat du cours d'expérience », présenté par la suite, garantit la définition d'objets théoriques permettant la reconstruction de l'activité de l'acteur du point de vue de sa dynamique interne. Comme nous nous intéressons aux couplages cognitifs et consensuels des formateurs et des formés, nous cherchons à documenter le cours d'expérience des formateurs et de celui des formés.

Le « cours d'action » porte sur l'activité donnant lieu à la conscience préreflexive d'une part, et à ses contraintes et effets, documentés en ajoutant d'autres données à celles qui documentent la conscience préreflexive dans les corps des acteurs, leurs situations et leurs cultures d'autre part. La description du cours d'action constitue une description de l'activité humaine au-delà de l'activité telle qu'elle ressort du cours d'expérience. Le cours d'action est l'histoire de la conscience préreflexive de l'acteur au cours d'une période de son activité, autrement dit son cours d'expérience, en relation avec les contraintes/ressources et effets significatifs pour cet acteur. Ces contraintes, ressources et effets concernent l'état et le corps de l'acteur, la culture, et l'environnement.

II 1.3 Principe du primat de la description intrinsèque

L'Observatoire du programme de recherche du cours d'action, c'est-à-dire l'ensemble d'outils et méthodes de construction de données sur l'activité humaine, articule des données de description intrinsèque et extrinsèque, voire externes à l'activité des acteurs (Tableau 4). Étudier l'activité dans le programme cours d'action, autrement dit sous l'hypothèse de l'enaction et de l'expérience (ou conscience préreflexive), conduit à accorder le primat à la description intrinsèque ou au cours d'expérience. Une description intrinsèque est une description du cours d'expérience d'un acteur, c'est-à-dire de ce qui est significatif de son point de vue dans la situation. Accorder le primat (par opposition à l'exclusivité) à la description intrinsèque ne signifie pas que ce sont uniquement les données de description intrinsèque qui sont utilisées pour l'analyse, mais que l'articulation de la description intrinsèque avec la description extrinsèque sera réalisée en accordant le primat au cours d'expérience. Ce principe postule que la description extrinsèque (autrement dit la description des contraintes et effets du cours d'expérience dans le corps, l'environnement et la culture) doit être

Chapitre 2 : Cadre théorique et Observatoire

définie relativement à la description intrinsèque. La description intrinsèque permet de rendre compte de la cognition et l'action par leur signification pour l'acteur, autrement dit son cours d'expérience. La description extrinsèque permet la documentation d'éléments du corps, de l'environnement et de la culture de l'acteur d'un point de vue extérieur à l'acteur, tels qu'observés par un observateur (Haradji, 1993). Pour autant, ce point de vue de l'observateur extérieur prend en compte la conscience préreflexive de l'acteur observé. Au contraire, dans le cas d'une description externe, l'observateur qui documente l'activité ne prend pas en compte la conscience préreflexive de l'acteur observé, c'est-à-dire ce qui est significatif de son point de vue.

Tableau 4. Description intrinsèque, extrinsèque et externe de l'activité humaine.

Description intrinsèque	Description extrinsèque	Description externe
Description du cours d'expérience d'un acteur, c'est-à-dire de ce qui est significatif du point de vue de l'acteur dans la situation.	Description des contraintes et effets du cours d'expérience dans le corps, l'environnement et la culture.	Description de l'activité d'un acteur sans considérer le cours d'expérience de ce dernier.

Selon l'hypothèse des contraintes et effets dans le corps d'un acteur, dans l'environnement et dans la culture, la conscience préreflexive d'un acteur est conditionnée par des contraintes et produit des effets qui ressortent de ces trois domaines (Theureau & Jeffroy, 1994). Les caractéristiques du corps de l'acteur concernent des caractéristiques relativement stables telles que l'âge, les caractéristiques anthropométriques, mais également des caractéristiques moins stables telles que la fatigue ou d'autres variables physiologiques. Les caractéristiques qui relèvent de l'environnement concernent les caractéristiques de l'environnement de l'acteur qui influencent son activité ou qui sont transformées par elle. Enfin, les caractéristiques de la culture concernent l'ensemble des éléments issus de l'expérience passée d'un acteur et qu'il peut mettre en œuvre à un moment donné en lien avec les caractéristiques de son corps et de l'environnement.

II 2. OBSERVATOIRE GÉNÉRIQUE DU COURS D'ACTION

Cette section présente l'Observatoire, c'est-à-dire l'ensemble d'outils et méthodes de constitution de données, fondé théoriquement en relation organique avec les hypothèses présentées en section 1 et qui ont été mobilisées dans notre recherche (ensemble des trois études). L'instanciation de cet Observatoire pour chacune des trois études est réalisée dans les chapitres 3, 4 et 5 en section 2.

L'hypothèse de l'enaction et de la conscience préreflexive ont des conséquences épistémologiques, dont un Observatoire, c'est-à-dire un ensemble fondé théoriquement de méthodes de construction de données empiriques sur l'activité humaine, qui est adapté pour chaque étude en fonction de son objet. La conceptualisation de la notion d'Observatoire, proposée initialement par Milner (1989) et spécifiée par Theureau (1992) pour le programme de recherche cours d'action, se réfère au lien de dépendance et d'enrichissement mutuel entre i) les hypothèses de substance du programme, ii) l'objet d'étude, iii) les visées de conception, et iv) les méthodes de recueil et traitement de données. L'Observatoire n'est donc pas neutre théoriquement, il repose sur les hypothèses de substances et sur des hypothèses épistémologiques (ou de connaissances).

Les données sur l'activité humaine ne sont pas « données à recueillir » comme le souligne Theureau (2004, p. 67), mais elles sont construites activement par le chercheur en fonction de la délimitation de l'objet théorique et de la visée de conception. Bien que les données de terrain ne soient pas construites de la même façon qu'en laboratoire, « l'ergonome construit son corpus de données relativement à un objet d'analyse, de la même façon que sont construites les données expérimentales de laboratoire » (Filippi, 1994, p. 77), c'est-à-dire, avec la même rigueur donnant lieu à la formalisation de modèles heuristiques portant sur l'activité humaine.

Dans le cadre du programme de recherche du cours d'action, quatre séries de méthodes de construction de données sont définies (Theureau, 2011) : (i) les méthodes qui ont été développées systématiquement et qui appartiennent au noyau théorique et heuristique du programme ; (ii) les essais méthodologiques qui n'ont pas abouti à une généralisation ou ont été généralisés, mais pas systématiquement précisés, ressortissant de la ceinture de protection et de développement du

Chapitre 2 : Cadre théorique et Observatoire

programme de recherche⁴⁶ ; (iii) les méthodes de construction de données sur le corps, les situations et les cultures, en enfin (iv) les méthodes d'intégration des trois premières séries de méthodes, définissant à la fois le cadre de sélection et de cumul de ces méthodes, mais aussi la construction et succession des situations d'analyse (réelles ou artificielles).

La première série (Tableau 5) de méthodes comprend des méthodologies qui ont été mises en place de façon systématique dans les différentes études conduites en référence au programme cours d'action, et dont la validité et la fécondité ont été éprouvées empiriquement.

Tableau 5. Séries de méthodes de construction de données dans le programme de recherche cours d'action.

	Description	Réfutabilité	Exemples de méthodes
1 ^{ère} série	Méthodes développées systématiquement et portant sur l'observation, l'enregistrement du comportement des acteurs et des traces laissées par ce comportement, verbalisations provoquées et situées.	Noyau dur, non réfutables	Enquête ethnographique, observation, verbalisations simultanées, interruptives et décalées, autoconfrontations de premier niveau et entretien de remise en situation à partir des traces matérielles
2 ^{ème} série	Essais méthodologiques qui n'ont pas abouti à une généralisation ou ont été généralisés, mais pas systématiquement précisés	Ceinture de protection et de développement, réfutables	Autoconfrontation de second niveau (initialement), entretiens avec des enregistrements 360°, web-récits, confrontation en position copie
3 ^{ème} série	Méthodes de construction de données sur le corps, les situations et les cultures	Noyau dur (mais peu exploitées), non réfutables	Données physiologiques, fréquence cardiaque, données biomécaniques, autoconfrontation à deux interviewers, etc.
4 ^{ème} série	Méthodes de mise en œuvre des méthodes de construction de données (sélection et cumul des méthodes, construction des situations analysées, itération des recueils)	Noyau dur, non réfutables	-

Ce sont les méthodes d'observation, d'enquête ethnographique, les verbalisations simultanées, interruptives et décalées, les autoconfrontations de premier niveau et la remise en situation à partir des traces matérielles (Theureau, 2010, 2011). Ces méthodes de construction de données ne sont

⁴⁶ Dans le prolongement de l'utilisation des notions de noyau théorique et heuristique et de ceinture de protection et de développement utilisées pour la description des hypothèses théoriques du cadre théorique du programme de recherche cours d'action, Theureau reprend ces notions pour décrire également l'Observatoire.

Chapitre 2 : Cadre théorique et Observatoire

pas toutes spécifiques au programme de recherche cours d'action. Pour autant, elles ont été adaptées pour être en cohérence avec les hypothèses ontologiques du programme de recherche du cours d'action, à savoir l'enaction et la conscience préreflexive.

La deuxième série de méthodes contient les méthodes fondées à partir des hypothèses de la ceinture de protection et de développement de l'Observatoire du programme. Ces essais méthodologiques dépendent également des hypothèses de substance, mais n'ont pas été développés de manière systématique au point de déboucher sur une généralisation. Ainsi, ces méthodologies peuvent, à l'issue de leur mise en œuvre et en fonction de la qualité des données produites, se voir modifiées, altérées, afin de construire des données sur l'activité humaine plus pertinentes et dans une recherche de cohérence plus grande avec les présupposés théoriques - e.g., le débriefing collectif (Donin et al., 2008) ; l'autoconfrontation à rebondissements contrôlés par les acteurs d'un collectif (Riff & Guérin, 2006) ; et la confrontation en position copie (Gaillard, 1992)⁴⁷.

La troisième série de méthodes porte sur la construction de données sur le corps, les situations et les cultures des acteurs. Les méthodologies permettant la construction de données sur le corps des acteurs sont inspirées des méthodes de la physiologie de l'activité humaine des neurosciences, ou de la biomécanique, tandis que les données sur les situations et la culture sont plus généralement inspirées des méthodes de l'ergonomie, de la sociologie, de l'anthropologie culturelle et cognitive, de la psychologie du travail, des sciences des organisations, etc. (Theureau, 2006, 2011). Sous la condition qu'elles ne compromettent pas le primat donné au cours d'expérience, elles appartiennent au noyau théorique et heuristique du programme.

Enfin, la quatrième série porte sur les méthodes de mise en œuvre et l'articulation des méthodes de construction de données. Ces méthodes décrivent (i) les principes de sélection et de cumul des méthodes des autres séries, (ii) les principes de construction des situations d'analyse (réelles ou artificielles), et (iii) les itérations de recueils de données sur le terrain. Dans le cadre de notre recherche, nous avons cumulé plusieurs méthodes, par exemple des observations, différents enregistrements vidéo, des verbalisations provoquées décalées et simultanées, des autoconfrontations et des entretiens de remise en situation. La sélection et le cumul de différentes

⁴⁷ Pour une présentation détaillée de ces essais méthodologiques, voir également Theureau 2011.

méthodes tiennent compte des besoins et limites des données construites à partir de chacune de ces méthodes prises isolément.

Dans la suite de cette section sont présentées les méthodes de l'Observatoire du cours d'action qui ont été mobilisées dans notre recherche pour la construction de données. Nous précisons (i) la phase préparatoire mise en place en amont des trois études, (ii) le profil des participants aux trois études, et enfin (iii) les méthodes de construction de données (pour les trois études). La section 3, qui suit, présentera l'Atelier méthodologique, c'est-à-dire les outils et méthodes d'analyse et de modélisation de l'activité des acteurs, développés dans le cadre du programme cours d'action et mobilisés dans la cadre de cette recherche.

II 2.1 Phase préparatoire : immersion en centrale nucléaire

La mise en place des méthodes de construction de données est souvent précédée par une phase préparatoire qui permet au chercheur de se familiariser avec son terrain d'étude (Theureau, 2011). S'inspirant des méthodes de l'anthropologie culturelle, cette phase préparatoire familiarise le chercheur avec la culture, l'organisation du travail et le vocabulaire des acteurs (Theureau, 2011). Cette phase de familiarisation/immersion vise la mise en place d'une interaction et d'une relation de confiance entre les chercheurs et les participants. Comme l'indique Latour (1996) dans son ethnographie sur la vie de laboratoire, la familiarisation des acteurs du terrain avec la présence du chercheur est une procédure longue (plusieurs mois de présence quotidienne au laboratoire dans son cas), jusqu'au moment où le chercheur réussit à devenir invisible, ou presque.

Au bout de quelques mois, cet ethnologue français baragouinant l'anglais et ignorant tout des sciences était devenu invisible. Quand on faisait visiter le laboratoire, on désignait mon bureau : "Voici notre chromatographe à haute pression, ici notre philosophe en résidence, là notre spectromètre de masse." C'est alors que je me mis sérieusement à étudier ce monde étrange. (Latour & Woolgar, 1996, p. 14-15).

Dans la phase préparatoire de notre recherche (Figure 27), nous avons réalisé un important travail d'immersion en centrale nucléaire. L'objectif de cette immersion était double : (i) se familiariser avec le terrain d'étude (travail et formation des AT), et (ii) permettre la mise en place d'un contrat de collaboration « en actes » avec les différents acteurs qui ont participé directement ou indirectement à cette recherche.

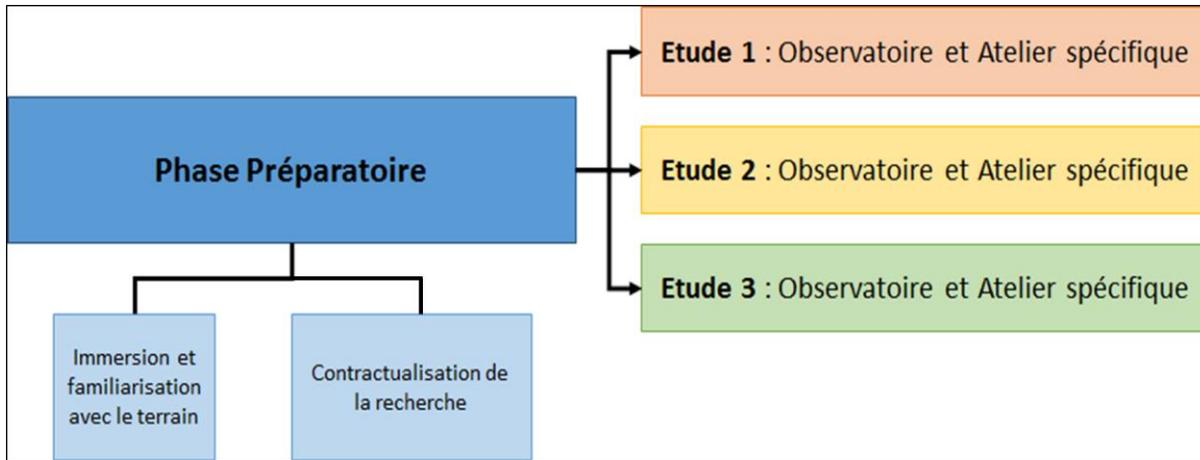


Figure 27. Schématisation de la phase préparatoire et des trois études de la recherche.

II 2.1.1 Immersion et familiarisation avec le terrain d'étude

Le premier objectif des périodes d'immersion était de se familiariser avec l'univers socio-technico-organisationnel « complexe » (Girin & Journé, 1998) de la Conduite dans le domaine nucléaire. Cette complexité de la Conduite se traduit par une multitude de composants techniques pilotés (pompes, vannes et circuits, regroupés en systèmes élémentaires), par un langage opérationnel (Falzon, 1986), ponctué d'abréviations (les trigrammes), par une activité composée d'aléas et enfin par une multiplicité d'acteurs ayant chacun leur rôle dans une activité collective et coordonnée (Palaci, 2014).

Ces périodes d'immersion ont également permis de suppléer à la triple distance « personnelle », « technique » et « sociale et culturelle » (Filippi et al., 1999)⁴⁸. La « distance personnelle » est observée lorsque la différence de sexe, les émotions ou le degré d'engagement des deux parties (ergonome et acteurs) ont des conséquences sur l'observation et la construction de données. La « distance technique » porte sur la connaissance préalable de la profession des acteurs étudiés par l'ergonome. Enfin, la « distance sociale et culturelle » est présente lorsque la situation observée est très différente du milieu social et culturel de l'ergonome. Cette triple distance a aussi été expérimentée par Vion (1996) dans le cadre de son étude sur les marins pêcheurs. Ce milieu de la pêche professionnelle constitue un milieu exclusivement masculin, avec ses rites, ses croyances et

⁴⁸ Ces notions ont été proposées par Filippi, Haradji, Le Guilcher, Négroni et Vion (1999) pour décrire les trois types de distance qu'un ergonome peut avoir avec son terrain d'étude. Cette proposition résulte de l'analyse de l'activité d'une ergonome dans deux terrains différents, ceux des guichetières d'un grand hôpital parisien (Vion, 1993) et des marins-pêcheurs (Vion, 1996).

des sujets tabous, qu'ignorait l'ergonome (e.g., parler de lapin à bord du bateau de pêche porte malheur et entraîne une mauvaise pêche)⁴⁹.

Dans notre recherche, les trois sortes de distance ont été vécues par la chercheuse, et ont conduit à un temps important de familiarisation avec la culture des équipes de Conduite de centrales nucléaires des AT et de l'industrie des centrales nucléaires de manière plus générale. Il s'agissait de se faire accepter malgré la « distance personnelle », de créer des relations de confiance, d'échanger et de rendre compte des attentes de chaque partie prenante, de saisir le contexte du métier d'AT et enfin de sélectionner, articuler, et adapter l'Observatoire et l'Atelier méthodologique aux spécificités du terrain d'étude.

Les observations des situations de travail réalisées durant cette phase d'immersion ont été complétées par des entretiens informels avec des AT, des formateurs, des stagiaires et d'autres acteurs dont le rôle a semblé central pour garantir l'accès sur le terrain, par exemple le chef du Service Conduite. Ces entretiens ont permis de mieux appréhender le contexte général i) de l'organisation du travail des AT, ii) du cursus de formation des AT, iii) de la construction et de la préparation des séances de formation par les formateurs, et iv) des relations et de l'organisation du suivi des AT en formation entre le centre de formation et les équipes de Conduite. La durée de ces observations pendant la phase préparatoire a été de 144 heures pour les situations de travail des AT et de 12 heures pour les situations de formation (Tableau 8, p. 115).

Enfin, ce travail d'immersion a été complété par un important travail documentaire et de multiples lectures (rapports, documentations techniques, articles) portant sur le travail des AT, le fonctionnement technique d'une centrale nucléaire, et l'organisation interne de conception et de réalisation des formations.

II 2.1.2 Contractualisation de la recherche

Le deuxième objectif de cette période d'immersion était de mettre en place un contrat de collaborations et de définir avec les acteurs de la recherche les conditions d'une collaboration « en actes ». Cette contractualisation a permis de délimiter le cadre de la collaboration et les dimensions

⁴⁹ A contrario, la distance éprouvée par Vion (1993) dans le cadre de son étude sur les guichetières était beaucoup moins grande à combler, ce milieu est majoritairement féminin et l'auteure ayant exercé ce métier pendant cinq ans, elle était familiarisée avec certaines de ces caractéristiques.

déontologiques et éthiques⁵⁰ concernant la construction et l'usage des données empiriques. Veyrunes et al. (2003) indiquent que le contrat de recherche permet :

- L'énonciation des règles éthiques et déontologie : informer les participants des notions, objectifs et méthodologie de la recherche, signer un formulaire de consentement pour l'enregistrement vidéo, anonymisation des données, confidentialité des données sur l'activité humaine et accord des acteurs avant publication.
- L'information des participants qu'ils ont le contrôle des données d'enregistrement et qu'ils peuvent à tout moment demander leur destruction.
- La délimitation de la durée de recherche (impact au niveau de la centrale) et des durées de participation des acteurs aux autoconfrontations.
- La définition des conditions matérielles de recueil de données (mise à disposition d'une salle pour les autoconfrontations, accord d'immersion dans des équipes de Conduite).
- Déterminer les règles d'utilisation et de traitement des données brutes en privilégiant le floutage des enregistrements vidéo si cela ne contraint pas la recherche.
- D'informer que les résultats seront présentés et discutés aux parties prenantes dans cette recherche.

En amont de l'immersion et de l'étude préliminaire, un document d'information a été diffusé à la hiérarchie des services identifiés⁵¹, présentant les différentes étapes de la recherche ainsi que son impact pour le site (Annexe 1). À travers cette contractualisation, notre objectif était d'établir une relation de confiance avec les acteurs afin de favoriser la construction de données portant sur l'activité donnant lieu conscience préreflexive ce qui implique de pouvoir i) mettre à distance le prescrit si nécessaire, ii) de limiter les « discours sur » le travail, et iii) de diminuer les jeux d'acteurs.

II 2.2 Participants à la recherche

Vingt-quatre participants (formateurs, stagiaires et AT récemment habilités) ont participé à notre recherche. Le Tableau 6 indique les participants ayant pris part à la recherche à travers des

⁵⁰ Le projet de recherche a été présenté et validé par la commission facultaire d'éthique de l'université de Genève.

⁵¹ Le service Conduite et le service décentralisé de formation du site.

méthodes de verbalisations provoquées (présentées par la suite) et dont le cours d'expérience a été documenté.

Tableau 6. Ensemble des participants à la recherche (études 1, 2 et 3) et leur expérience professionnelle.

Participant		Expérience professionnelle	Nombre d'années d'expérience professionnelle	
Étude 1	Formateurs	F1	Formateur – ancien agent de la Conduite	23 ans comme AT 4 comme formateur
		F2	Formateur – ancien agent de la Conduite	24 ans comme AT et 3 comme formateur
	AT en formation	A1	Reconversion professionnelle depuis une centrale thermique	6 ans
		An	Premier poste	-
		Fr	Premier poste	-
		Sp	Reconversion professionnelle (opérateur conduite dans une centrale thermique)	3 ans
		Os	Reconversion professionnelle électricien dans le nucléaire	19 ans
		Sl	Reconversion professionnelle depuis une centrale thermique	7 ans
		J	Reconversion professionnelle depuis une centrale à gaz	12 ans
Étude 2	Formateur	F3	Formateur – ancien agent de la Conduite	22 ans
	AT en formation	Fc	Reconversion professionnelle	20 ans
		Ed	Alternance 1 an avant le début de la formation	1 an
		L	Reconversion professionnelle depuis une centrale thermique	5 ans
		Vn	Reconversion professionnelle depuis une centrale thermique	4 ans
		Sl	Reconversion professionnelle depuis une centrale à gaz	7 ans
		Ec	Premier poste	-
		Q	Reconversion professionnelle depuis une centrale hydraulique	8 ans
		V1	Alternance 1 an avant le début de la formation	1 an
		D	Premier poste	-
		Rn	Premier poste	-
		T	Reconversion professionnelle depuis une centrale hydraulique	4 ans
		M	Reconversion professionnelle depuis un autre métier du nucléaire	3 ans
	Étude 3	AT récemment habilités	P1	Premier poste
P2			Alternance 1 an avant le début de la formation	1 an et 3 mois
P3			Alternance 1 an avant le début de la formation	1 an et 2 mois
P4			Premier poste	2 mois

Les prénoms des acteurs ont été modifiés afin de garantir leur anonymat et leur choix s'est fait sur la base du volontariat. Au début de chaque séance de formation, une brève présentation de la recherche et de la méthodologie était réalisée. Les stagiaires volontaires pour participer à un entretien après l'enregistrement de la séance étaient enjoins à se manifester à ce moment-là. Les profils des participants étaient variés : une majorité en reconversion professionnelle (N=11/21), d'autres sur leur premier poste (N=6/21) dont quatre en formation en alternance sur la centrale. Un faible nombre d'entre eux (N=4/21) avait fait un an en alternance avant de commencer le cursus de formation d'AT. Les trois formateurs avaient manifesté leur engagement et leur souhait de participer à la recherche dès la phase préparatoire quand des réunions ont été organisées avec eux. Tous les trois étaient d'anciens agents du service de Conduite avec plus de vingt ans d'expérience terrain. Le métier d'AT étant très majoritairement masculin, tous nos participants étaient des hommes.

II 2.3 Méthodes de construction des données sur l'activité

Les méthodes de construction des données sur l'activité humaine du noyau théorique et heuristique sont distinguées par Theureau (2011) entre (i) les méthodes d'observation et d'enregistrement du comportement individuel et collectif, et (ii) les méthodes de verbalisations provoquées. Par la suite, sont présentées uniquement les méthodes qui ont été mises en œuvre dans le cadre d'une ou plusieurs études de la recherche.

II 2.3.1 Méthodes d'observation et d'enregistrement du comportement

Dans notre recherche, nous avons principalement réalisé des observations filmées des séances associées à une prise de notes intensive. Le Tableau 7 synthétise les différentes méthodes de construction de données utilisées pour chacune des trois études de cette recherche.

Tableau 7. Synthèse des méthodes de construction de données mobilisées dans chacune des trois études.

Méthode	Étude 1	Étude 2	Étude 3
Observation et prise de notes	3 séances de 2 heures	8 séances de 3 heures	4 séances de 1 heure
Enregistrement vidéo	Oui (toutes les séances) Utilisation de 2 caméras + enregistrement de l'écran de l'EV	Oui (toutes les séances) Utilisation de 2 caméras + enregistrement de l'écran de l'EV	Oui (toutes les séances) Utilisation de 2 caméras + enregistrement de l'écran de l'EV
Autoconfrontations	7 avec les stagiaires 6 avec les formateurs	12 avec les stagiaires 4 avec le formateur	-
Autoconfrontation de second niveau	6 avec les formateurs	4 avec le formateur	Adaptation de la méthode dans le dispositif
Entretien de remise en situation à partir de traces matérielles	-	1 avec le formateur (pour la séance qui n'a pas été observée)	-
Verbalisations simultanées, interruptives et constitutives au dispositif	-	Verbalisations simultanées et interruptives avec les stagiaires	Verbalisations constitutives au dispositif NaRé avec les 4 AT jeunes habilités

La méthode d'observation a été très largement utilisée dans cette recherche. Elle consistait en l'observation du comportement des différents participants à la formation et notamment celui des acteurs volontaires pour la réalisation d'une autoconfrontation. Pendant les situations de formation observées, plusieurs éléments ont été consignés, dans le but (i) de compléter les enregistrements vidéo (e.g., éléments pouvant influencer l'activité des acteurs et qui n'étaient pas visibles dans l'enregistrement vidéo), (ii) d'identifier des moments pertinents pour l'autoconfrontation, mais aussi (iii) d'avoir un repérage temporel des différentes étapes de la séance de formation (notamment pour celles de l'Étude 2 qui ont duré trois heures et où il devenait difficile de retrouver rapidement un moment précis dans l'enregistrement vidéo sans avoir l'horodatage du moment en question).

De Montmollin (1986) insiste sur le fait qu'il est indispensable d'avoir recours à une méthode d'observation pour « savoir comment observer, et surtout ce qu'il faut observer » (p. 26). Dans cette recherche, aucune grille d'observation n'était établie préalablement, cependant au fur et à mesure des différentes observations, des éléments devenaient de plus en plus récurrents dans les notes d'observation, tels que : les moments de débat entre le(s) formateur(s) et les stagiaires, les moments où les stagiaires posaient des questions, les moments de difficultés d'utilisation de l'EV,

etc. En complément des observations, des traces de l'activité ont été rassemblées, notamment les productions écrites des acteurs pendant les séances de formation (e.g., cahier avec notes prises pendant le cours, scénario papier renseigné (Annexe 2), brouillon de préparation du cours fait par le formateur, etc.). Par ailleurs, même si l'objet de cette recherche porte sur l'activité des acteurs en situation de formation, nous avons fait le choix de réaliser des « observations flottantes » (Olivier de Sardan, 2003) des situations de travail des AT en équipe de Conduite tout au long de la recherche. La durée des observations des situations de travail et des situations de formation est précisée dans le Tableau 8.

Tableau 8. Durée d'observations des séances de formation et des situations de travail en équipe de Conduite pendant la recherche.

	Situation de formation en salle	Situation de travail en équipe de Conduite
Phase préparatoire	2 jours / ou 12 heures	18 jours / ou 144 heures
Première année	10 jours/ ou 60 heures	6 jours / ou 48 heures
Deuxième année	6 jours /ou 36 heures	3 jours/ ou 24 heures
Troisième année	5 jours / ou 30 heures	2 jours/ ou 16 heures
Total d'heures	20 jours / ou 138 heures	29 jours / ou 232 heures

Toutes les séances de formation analysées ont fait l'objet d'un enregistrement vidéo. Des ajustements ont eu lieu entre les différentes situations de formation pour pallier à différentes difficultés ou spécificités du contexte⁵². Ces enregistrements concernaient à la fois le comportement des différents acteurs et l'écran de l'EV. Ils étaient réalisés avec le double objectif de (i) constituer des matériaux pour analyse du cours d'expérience des acteurs, et (ii) constituer des supports pour les autoconfrontations.

II 2.3.2 Méthodes de verbalisations provoquées

Pour Theureau (2010), les méthodes permettant la documentation de la conscience préreflexive comme effet de surface de la dynamique du couplage structurel peuvent se résumer en quatre classes de méthodes. La première classe de méthodes contient les méthodes qui documentent l'expression de la conscience préreflexive au moment de la réalisation des actions, telles que les méthodes de verbalisation simultanée, décalée et interruptive, les verbalisations dites naturelles

⁵² Les ajustements réalisés pour chacune des trois études sont spécifiés dans la présentation de l'Observatoire et Atelier spécifique (section 2 de chacun des trois chapitres de résultats).

(qui ne sont pas provoquées directement par le chercheur même si parfois elles lui sont adressées) et leurs variantes. La seconde classe de méthodes fait référence à la méthode d'autoconfrontation et ses variantes, qui permettent une documentation de la conscience préreflexive a posteriori. Dans le cas de cette seconde classe de méthode, l'acteur est confronté à des traces vidéo de son activité. Le chercheur encourage alors la remise en situation de l'acteur dans l'activité passée. Dans la troisième classe de méthodes, on trouve les méthodes de remise en situation à partir des traces matérielles laissées par l'acteur et la transformation des situations. Enfin, la dernière classe de méthodes inclut les entretiens de remise en situation à partir des traces laissées dans le corps de l'acteur. Ce type d'entretien n'est pas très employé et développé dans le cadre du programme du cours d'action, mais se rapproche des entretiens d'explicitations proposées par Vermersch (1994), à la différence que ces derniers ne visent pas la documentation de la conscience préreflexive.

Quatre méthodes de verbalisations provoquées ont été utilisées dans cette recherche : (i) des autoconfrontations, (ii) des autoconfrontations de second niveau, (iii) des verbalisations simultanées et interruptives puis (iv) des entretiens de remise en situation à partir de traces matérielles.

Autoconfrontation

Pinsky et Theureau (1987) se sont inspirés initialement des travaux du psychologue Von Cranach (1982) que ce soit pour la construction de l'objet théorique « cours d'action » (Von Cranach ayant systématisé une approche scientifique de l'action), mais aussi et surtout pour l'élaboration de la méthode d'autoconfrontation (Pinsky & Theureau, 1987). Malgré cela, le modèle « cybernétique de l'action » de Von Cranach avait pour limite (au-delà des limites inhérentes à la cybernétique) d'être relativement statique et de mettre l'accent sur l'action spécifique alors que ces derniers cherchaient à documenter le « *cours de* » l'action afin de rendre compte de la dynamique des actions (leurs enchaînements, déroulement et organisation), mais aussi de la signification pour l'action⁵³.

⁵³ « Signification pour l'action : notion qui spécifie à la fois le comportement (action manifeste) et la cognition (cognition pour l'action). Nous renouons ainsi avec un projet ancien, visant à ne pas séparer “le traitement des lois fondamentales des processus mentaux de celles de l'interprétation des signes” (Ogden & Richards, 1923)» (Pinsky & Theureau, 1987, p. 12).

Chapitre 2 : Cadre théorique et Observatoire

Lors d'une autoconfrontation, l'acteur est confronté à des traces vidéo de sa propre activité. Le principe de cette méthode est de remettre l'acteur en « situation dynamique », autrement dit, amener l'acteur à se remettre dans la situation vécue, de la « revivre » et d'explicitier son vécu pendant la visualisation de la vidéo (Saury et al., 2013). Ainsi, l'acteur raconte, commente, mime, décrit ses actions, intentions, perceptions, focalisations, sensations, interprétations, qui lui sont accessibles, c'est-à-dire l'histoire de sa conscience préreflexive.

Aujourd'hui, la méthode de l'autoconfrontation est utilisée dans différentes approches théoriques, avec des visées distinctes (autoconfrontation, autoconfrontation collective, alloconfrontation, autoconfrontation simple, autoconfrontation de second niveau, autoconfrontation croisée...), et sans nécessairement faire d'hypothèses sur la conscience préreflexive et les conditions d'accès à celle-ci (e.g., Mollo & Falzon, 2004). Dans notre travail, nous avons utilisé les méthodes d'autoconfrontation de premier niveau et de second niveau (qui sont présentés par la suite), comme proposées dans le programme du cours d'action (Theureau, 2010, 2011), avec la visée de documenter l'expression de la conscience préreflexive de l'activité des acteurs.

En début de chaque autoconfrontation, nous avons précisé la consigne énoncée afin de clarifier avec l'acteur l'objectif de la méthode. Il s'agissait pour l'acteur d'essayer de se « dé-situer » de la situation d'autoconfrontation pour se « re-situer » dans la situation passée. Il a été spécifié que tant le chercheur que le participant peuvent arrêter le déroulement de l'enregistrement vidéo pour documenter un moment précis. L'acteur a été invité à spécifier ce qu'il était en train de faire au moment précis visionné plutôt que de répondre de manière générale sur sa façon de faire, puisque l'objectif n'était pas qu'il porte un jugement sur son activité, mais au contraire qu'il décrive ses actions, pensées, attentes de la situation, etc. La fréquence et la forme des relances de la chercheuse visaient à recentrer l'acteur sur la description de son activité réalisée en évitant l'adoption d'une « position de spectateur ou d'analyste » (Sève, 2005) ou à apporter des précisions. Le Tableau 9 présente quelques exemples de questions que nous avons employées, permettant de documenter chacune de ses dimensions de l'activité.

Tableau 9. Différents exemples de questions et relances d'autoconfrontation.

Dimension de l'activité	Exemple de question
Actions	« Qu'est-ce que tu fais, là ? »
Pensées	« À quoi est-ce que tu penses ? », « Qu'est-ce que tu te dis ? »
Sensations	« Comment te sens-tu à ce moment ? »
Perceptions	« Qu'est-ce que tu perçois ? »
Focalisations	« À quoi fais-tu attention ? », « Sur quoi te focalises-tu ? », « Qu'est-ce que tu prends en compte dans la situation ? », « À quoi t'intéresses-tu ? », « À quoi tu t'attendais ? »
Préoccupations	« Qu'est-ce que tu cherches à faire ? », « Là, qu'est-ce qui se passe pour toi ? », « Qu'est-ce qui te préoccupe ? »
Émotions	« Qu'est-ce que tu ressens ? »
Interprétations	« Qu'est-ce qu'y t'a conduit à agir ainsi ? », « Qu'est-ce qui te fait dire cela ? », « Comment savais-tu que... ? »

Au-delà de ces questions, d'autres relances ont été mobilisées, par exemple la relance en écho (répéter ce que l'acteur venant de dire pour qu'il apporte plus de précisions) ou la relance vide de contenu (e.g., mise en pause de la vidéo sans aucune question, le silence encourageant l'acteur à expliciter ce qui avait été significatif pour lui, ou avec une simple question « là ? »).

Autoconfrontation de second niveau (analytique)

Pour pallier au « paradoxe de l'autoconfrontation » (Theureau, 2004), Theureau indique qu'il peut être à-propos de conduire des autoconfrontations de second niveau. Le paradoxe en question est lié au fait que pendant la réalisation de l'autoconfrontation, l'acteur qui visualise l'enregistrement vidéo est en capacité de développer sa réflexion située sur la situation visionnée, soit pour sa propre activité, soit adressée en direction d'autres acteurs. Cependant, ce qui est demandé aux acteurs pendant l'autoconfrontation est justement ne pas partager ces éléments de réflexion, mais de se contenter d'exprimer la conscience préreflexive de l'activité vécue. L'autoconfrontation dite de « second niveau » ou « analytique » n'a pas comme objectif l'expression de la conscience préreflexive, mais ouvre plutôt sur la production de données portant sur l'activité d'un acteur de manière plus générale, sur la documentation des contraintes et effets ou sur une activité réflexive portant sur la situation vécue. L'autoconfrontation de second niveau est mise en place à l'issue d'une méthode de verbalisation de premier niveau⁵⁴, d'où sa dénomination (Theureau, 2010) et elle

⁵⁴ D'après Theureau (2010), cette méthode de verbalisation de premier niveau n'est pas nécessairement une autoconfrontation, mais n'importe quelle méthodologie visant l'expression de la conscience préreflexive.

favorise l'expression contrôlée de la conscience préreflexive dans les autoconfrontations de premier niveau.

Dans notre recherche, nous avons réalisé des autoconfrontations de second niveau avec les formateurs. Ils étaient conduits : (i) pour compléter des données existantes de l'autoconfrontation, (ii) parce que les acteurs souhaitaient revenir sur certains moments pour apporter un regard analytique, (iii) pour documenter les contraintes et effets, (iv) pour faire participer les formateurs à l'analyse et faire germer des pistes de conception ou de re-conception, (v) pour avoir des explications techniques liées au contenu de la séance et enfin (vi) pour présenter et valider les résultats obtenus de l'analyse du cours d'expérience de la séance précédente.

Verbalisations simultanées et interruptives

Les verbalisations simultanées permettent la documentation de la conscience préreflexive en même temps que l'activité se déroule. Il est demandé à l'acteur une forme de « penser tout haut », à l'image de la méthode « *think aloud* » d'Ericsson et Simon (1980). L'acteur explicite ses pensées, ses focalisations, ce qu'il cherchait à voir, ce qui attirait son attention, ses émotions, les difficultés rencontrées, les méthodes d'exploration envisagées ou les connaissances qu'il mobilisait, en même temps qu'il est engagé dans l'action. Les verbalisations interruptives consistent à questionner l'acteur sur son activité à des moments où cela perturbe le moins possible l'action.

Cette méthode de verbalisation a été utilisée pendant les séances de formation qui ont été observées, notamment lors de la séance 3 de l'étude 2. Les relances visaient l'explicitation de certains moments en particulier qui semblaient pertinents pour documenter l'expérience des acteurs. Des exemples de questions ont été : « qu'est-ce que t'es en train de chercher ? », « comment tu t'y prends pour trouver la traversée FGH079VP ? », « Qu'est-ce qui te fait dire qu'elle doit se trouver sur le mur extérieur du local ? ».

Entretien de remise en situation à partir de traces matérielles

La dernière forme d'entretien mobilisée dans nos études est l'entretien de remise en situation à partir de traces matérielles. À la différence d'une autoconfrontation, l'acteur n'est pas confronté à des données portant sur son comportement, mais à des traces matérielles produites par lui-même ou par autrui. Dans le cadre du programme de recherche cours d'action, cette méthode est utilisée lorsque que l'activité ne peut être observée/enregistrée in situ, ou lorsqu'il s'agit de documenter

Chapitre 2 : Cadre théorique et Observatoire

l'activité sur des empan temporels longs. L'étude de Donin et Theureau (2008) sur le cours d'action d'un compositeur pendant l'écriture d'une œuvre musicale est particulièrement illustrative de ce point de vue. Afin d'analyser son activité sur une période de cinq ans, les chercheurs ont réalisé des entretiens de remise en situation réguliers, s'appuyant sur les traces laissées par le compositeur dans son agenda, sur sa partition, etc.

Dans la cadre de notre recherche, nous avons employé cette méthode dans l'étude 2 et plus spécifiquement pour analyser l'activité du formateur lors de la quatrième séance du dispositif Scénario-enquête. Dans le but d'organiser notre retrait progressif du terrain, nous avons proposé au formateur de ne pas observer et de co-animer la quatrième (et avant-dernière) séance du dispositif. Aussi, pour analyser l'activité du formateur pendant la préparation et l'animation de cette séance, nous lui avons proposé de garder des traces de son activité (e.g., photos, prises de notes, brouillons de préparation des consignes du dispositif, photocopie des consignes renseignées par les stagiaires, etc.) et avons réalisé avec lui un entretien de remise en situation à partir de traces matérielles.

II 3. ATELIER MÉTHODOLOGIQUE

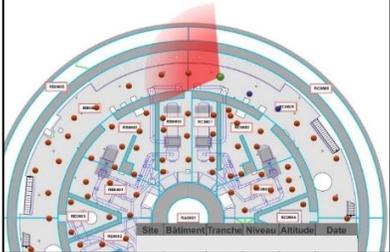
Cette section présente les outils et méthodes d'analyse et de modélisation de l'activité des acteurs développés dans le cadre du programme cours d'action et mobilisés dans la cadre de cette recherche. Ces méthodes sont : (i) la construction de protocoles à deux volets, (ii) l'analyse de la construction locale des cours d'expérience par l'identification des signes hexadiques sur des épisodes délimités, (iii) l'analyse de la construction globale des cours d'expérience à partir de la construction des structures significatives et enfin par (iv) l'identification des contraintes et effets extrinsèques.

Les études mobilisant le cours d'action peuvent être conduites (Theureau & Jeffroy, 1994, pp. 57-60) selon : (i) une approche « compréhensive spontanée » qui consiste en une analyse du cours d'expérience ou du cours d'action limitée par des catégories comme « l'action », « l'intention » « le but » ou la « tâche » ; (ii) une analyse « compréhensive méthodique » qui consiste à caractériser le cours d'expérience avec une méthodologie liée organiquement aux hypothèses théoriques du programme de recherche, permettant une analyse basée sur les structures fondamentales du cours d'action ; ou (iii) une analyse « modélisatrice » qui apporte un gain de précision, de systématisme et d'adéquation des hypothèses théoriques. D'après les auteurs, seule l'analyse modélisatrice peut être considérée comme scientifique, même si les deux premières analyses présentent une pertinence certaine pour traiter les questions de conception d'artefacts/situations d'aides. Une visée modélisatrice a donc été poursuivie dans le cadre des études 1 et 2. Dans le cadre de l'étude 3, nous avons fait le choix d'une voie moyenne entre rigueur et pertinence (Schön, 1996, p. 202) et avons opté pour une forme d'« opportunisme » méthodique et technologique (Girin, 1989). La démarche peut alors être qualifiée de compréhensive méthodique : elle vise à documenter opportunément le cours d'expérience des acteurs sans viser une modélisation empirique et analytique de leur activité.

II 3.1 Construction d'un protocole à deux volets

La construction du « protocole à deux volets » (Theureau, 1992) permet de mettre en correspondance les données d'observation (observation du chercheur, enregistrements des comportements) et les données d'autoconfrontation (e.g., Tableau 10).

Tableau 10. Protocole à deux volets, extrait du corpus de Q.

Volet 1		Volet 2
HD	Description du comportement de la situation de formation	Verbatim de l'autoconfrontation
1518	<p>Q : Forcément, c'est de l'EKI ça, ce n'est pas ce qui me faut. <i>(En zoomant sur l'étiquette depuis la deuxième photo ; en pointant l'étiquette)</i> tu vois, c'est écrit. <i>Passé par le mode plan et met le numéro du local dans le mode téléportation et le local devient vert sur le mode plan.</i></p>  <p><i>Il retourne sur la photo sphérique (5808) ou il était et pivote 180°, vers l'escalier</i></p>  <p><i>Il retourne de nouveau sur la tuyauterie EKI ; fais un zoom in sur l'étiquette ; zoom out et retourne au mode plan.</i></p> <p>C. : C'est la même que tout à l'heure ?</p> <p>Q : Ouais.</p> <p><i>(Passé au mode « téléportation » il tape le deuxième local qui devient vert, juste au même endroit que le local précédent un niveau plus haut.)</i></p>  <p>Q : Ah, ouais, voilà. Ben si, j'étais dedans, c'est ça ! <i>(en regardant les points des photos qu'il avait déjà visualisées)</i></p>	<p>C. : Et là ?</p> <p>Q : là je cherche une traversée mécanique, je sais que FGH c'est un système, ça véhicule de l'eau, donc tu cherches une traversée, une conduite qui traverse un mur, une traversée mécanique.</p> <p>C. : Donc là t'es sur le premier des deux locaux, c'est ça ?</p> <p>Q : Là en fait je regardais ou est-ce que je me situais par rapport au local qui t'était donné. Je regardais ou est-ce que je me situe.</p> <p>C. : D'accord, tu regardes le point de vue pour savoir ce que tu as déjà vu ?</p> <p>Q : Voilà. C'est vrai que je transite souvent par cette vue. Après il y a l'autre vue qui n'est pas mal aussi, c'est la vue par étage, 3D. Mais là je me repérais plus par rapport aux locaux. J'essayais de rester, car sinon t'es éparpillé, tu vois ? Et là je sais que par rapport au repère du local tu sais plus au moins dans quel coin tu veux rester.</p>

Ainsi, à l'issue de la transcription des données d'observation de la situation de formation et des verbalisations lors des autoconfrontations, il devient possible d'organiser les données recueillies dans des tableaux à deux volets. Le premier volet contient la description du comportement observable, la description des éléments de contexte, et la transcription systématique des actions et communications des acteurs pendant la situation de formation, issues des prises de notes et des enregistrements vidéo. Dans notre recherche, le premier volet contenait aussi des photos des acteurs et de l'écran de l'EV pour faciliter l'analyse de leur activité souvent insécable de ce qui est vu dans cette dernière et difficilement décrit. Le second volet contient les transcriptions *verbatim* des autoconfrontations

II 3.2 Analyse de la construction locale : la documentation de l'enchaînement du signe hexadique

Le programme du cours d'action postule l'existence de deux niveaux interdépendants de signification de l'activité : un niveau local et un niveau global. À un niveau local, le flux d'activité peut être décomposé en unités ayant une signification élémentaire. Le flux d'activité est envisagé comme une concaténation de ces unités. Elles sont dites élémentaires parce qu'elles correspondent à la plus petite unité de sens pour l'acteur. Mais le flux d'activité présente aussi des niveaux d'organisation plus globaux qui englobent les unités significatives élémentaires (USE). Ainsi, documenter le cours d'action consiste aussi, après avoir identifié les USE, à reconstruire pas à pas leur enchaînement et enchâssement dans des entités plus larges.

L'analyse locale consiste à renseigner la dynamique d'engendrement des signes hexadiques. Cette analyse permet une description de l'activité et de la dynamique de construction de significations à un grain très fin, mais sur des empan temporels restreints (Saury et al., 2013). La documentation des différentes composantes des signes est réalisée à l'aide des enregistrements vidéo de l'activité, des transcriptions des autoconfrontations et d'un questionnaire spécifique, permettant de reconstituer le cours d'expérience de l'acteur. Le Tableau 11 présente un exemple de signe hexadique et les questions que le chercheur peut se poser pour le documenter.

Tableau 11. Exemple d'un signe hexadique et du questionnement (tiré de l'étude 1, J, séance 3, signe b+4).

Engagement (E) : <i>Que cherche à faire l'acteur à l'instant t ?</i>
<ul style="list-style-type: none">• Cherche à se repérer dans le bâtiment réacteur.• Cherche à faire des liens entre les organes qu'il voit et le local dans lequel ils se trouvent.• Cherche à mémoriser l'emplacement des organes se trouvant dans le local.• Cherche à assimiler les vannes stratégiques.
Actualité Potentielle (A) : <i>Quelles sont les attentes de l'acteur ?</i>
Attentes liées aux informations concernant les organes se trouvant dans le local indiqué dans l'EV.
Référentiel (S) : <i>Quelles connaissances mobilise l'acteur à l'instant t ?</i>
<ul style="list-style-type: none">• Il est important d'avoir une compréhension globale de la manœuvre et de savoir dans quel local se trouvent les armoires.• Pour retrouver les organes facilement, il faut connaître le local dans lequel ils se trouvent.• Connaître la position du matériel dans le bâtiment réacteur permet de se focaliser sur la manœuvre proprement dite.• Un rondier doit connaître les locaux et emplacements des vannes stratégiques dans chaque bâtiment.• Il faut être plus prudent pour intervenir dans le bâtiment réacteur, car il y a plus de risques et d'enjeux de sûreté.
Représentamen (R) : <i>Quel élément de son environnement fait « choc » à l'acteur ? Quel est l'élément qu'il prend en compte ?</i>
Visualisation de l'environnement/local dans lequel se trouvent les armoires contenant les TPL pour l'ouverture des sas.
Unité Élémentaire (U) : <i>Que fait, pense, dit l'acteur à l'instant t ?</i>
Se dit qu'il est important de connaître l'emplacement des organes et des vannes stratégiques pour pouvoir appliquer les consignes.
Interprétant (I) : <i>Quelles sont les connaissances que l'acteur construit, valide ou invalide à l'instant t ? Quels sont ses questionnements, doutes ou formulation d'hypothèses par abduction ?</i>
Constat d'ignorance : emplacement des organes dans le BAN et le bâtiment réacteur.

II 3.3 Analyse de la construction globale : les structures significatives et leur dynamique

Pour comprendre l'organisation et la dynamique du cours d'expérience des acteurs (formateurs et stagiaires) nous avons réalisé une analyse de la construction globale du cours d'expérience. Cette analyse permet de rendre compte d'un niveau d'organisation du cours d'expérience à partir de structures significatives de rang supérieur qui rendent compte des formes typiques de couplage entre les acteurs et leur environnement. Concrètement dans notre recherche nous avons réalisé une analyse globale du cours d'expérience des acteurs à partir (i) la construction de Récits Réduits, (ii) l'identification des séquences, macro-séquences et des séries et (iii) la construction de Narrations.

II 3.3.1 Construction du Récit Réduit

Pour comprendre la dynamique de l'activité des stagiaires et des formateurs, nous avons réalisé des Récits Réduits. Les Récits Réduits élaborés dans le programme du cours d'action étaient initialement inspirés des Récits Réduits de Propp (1965) mis en place pour analyser les contes merveilleux et des travaux de Borillo (1984) sur les processus de raisonnement (Theureau, 2004). L'objectif de Propp était de comprendre l'organisation des contes, en rédigeant des Récits Réduits pour chaque conte afin de pouvoir les comparer et identifier des régularités et des variations (Haradji, 1993). Dans le cadre de l'analyse du cours d'expérience, le Récit Réduit permet de mettre en lumière la succession temporelle des actions et événements du point de vue de l'acteur (Theureau & Filippi, 1994). La construction de Récits Réduits permet donc (i) de rendre compte de l'activité humaine en identifiant des régularités et variations, (ii) l'émergence d'un modèle de l'activité (Haradji, 1993).

La construction d'un Récit Réduit se fait en deux étapes (Haradji, 1993) : le découpage du protocole en unités significatives de différents rangs et la nomination des unités significatives. Le découpage en unités significatives se fait des unités les plus larges vers des plus petites, les USE afin d'avoir un grain d'analyse de la dynamique de construction de signification plus au moins fin (Haradji, 1993). La nomination quant à elle doit pouvoir rendre compte des significations du point de vue de l'acteur. Haradji (1993) souligne deux principes à respecter pour la nomination des différentes unités significatives : la nomination doit s'effectuer des unités de rang inférieur aux unités de rang

supérieur et la nomination doit traduire la logique d'action de l'acteur pour chaque rang de signification.

Le choix des verbes est très important, car ces derniers doivent traduire avec précision et fidélité l'expérience (ou « le point de vue ») des acteurs. La nomination des unités significatives traduit un passage des données brutes à des « unités significatives » construites par le chercheur et rendant compte de manière plausible de la dynamique de construction de signification de l'acteur (Filippi, 1994). Le Tableau 12 présente quelques exemples des conventions de nomination qui ont été adoptées pour la nomination des différentes unités significatives (voir également en Annexe 3 pour l'ensemble des conventions de nomination).

Tableau 12. Exemples de conventions pour la nomination des différentes actions de navigation dans et avec l'EV.

Verbes pour la nomination des actions de navigation dans et avec le bâtiment réacteur virtuel	
Naviguer	Utilisation de VVProPrepa pour visualiser le bâtiment réacteur virtuel et action d'être/se déplacer dans le bâtiment réacteur virtuel.
Pivote	Quand un acteur tourne la photo sphérique pour visualiser son environnement à 360°. Il peut parfois être précisé s'il pivote horizontalement ou verticalement.
Fait demi-tour	Quand un acteur engagé vers une direction change de direction pour avancer vers l'endroit d'où il vient.
Se téléporte	Quand un acteur ouvre une photo sphérique (soit à partir d'une autre photo sphérique, soit à partir du plan 2D ou de la vue d'aigle). La téléportation correspond à un changement de position, ce qui n'est pas le cas quand un acteur passe du mode 3D à une photo sphérique.
Repère	Quand un acteur voit (ou aperçoit) des éléments de son environnement qui deviennent des repères pour de prochaines entrées ou pour sa navigation en temps t.
Se situe	Quand un acteur en regardant le radar du petit plan qui apparaît dans les photos sphériques, ou en pivotant dans une photo sphérique, ou en utilisant le plan 2D, cherche à comprendre où il se situe dans le local.
Change de point de vue	Quand un acteur change de photo sphérique pour avoir un autre point de vue sur un organe
Change de champ de vision	Quand un acteur en pivotant dans une photo sphérique change le champ de vision qu'il a dans le local (à partir de la même photo sphérique). Le champ de vision correspond à la surface indiquée par le radar rouge dans VVProPrepa.
Change de niveau	Quand un acteur en utilisant notamment le plan 2D change d'étage parmi les onze étages du bâtiment réacteur.

II 3.3.2 Identification des structures significatives du cours d'expérience

Les unités de cours d'expérience s'enchaînent et s'enchâssent à des structures significatives plus larges : les séquences, les séries et les synchrones. Ces structures significatives rendent compte de la cohérence ou « continuité logique » (Theureau, 1992) entre plusieurs USE d'un Récit Réduit, entre plusieurs unités significatives de rang supérieur d'un Récit Réduit, ou entre des structures significatives de différents rangs. Dans ce dernier cas, les structures significatives de rang supérieur sont déterminées par la relation entre deux structures significatives de rang inférieur. Dans notre recherche nous mobilisons deux catégories générales de structures significatives, les séries et les séquences (e.g., Tableau 13 tiré de l'analyse de la deuxième étude).

Les séquences font référence à l'enchaînement d'unités de cours d'expérience qui ont une relation diachronique⁵⁵ et dyadique, c'est-à-dire qu'elles se succèdent l'une après l'autre, chacune déterminant une autre unité. Ainsi, si la structure d'attente et d'anticipation⁵⁶ d'un acteur dans la situation reste la même et qu'il y a une suite logique et linéaire, il s'agira d'une relation de cohérence séquentielle (Saury, 2008; Theureau, 2006). Les séquences peuvent être continues ou discontinues (Filippi, 1994). Elles sont continues quand une unité de cours d'expérience s'enchaîne directement à une autre et discontinues quand leur enchaînement est rompu par une ou plusieurs unités de cours d'expérience appartenant à une autre séquence.

Une série est constituée d'unités de cours d'expérience qui « n'entretiennent pas une relation linéaire séquentielle, mais une relation globale » (Filippi, 1994, p. 116), c'est-à-dire que les unités de cours d'expérience présentent un caractère diachronique, mais n'ont pas une dépendance séquentielle. Comme pour les séquences, elles peuvent être continues et discontinues.

La description des séquences et des séries peut se faire à des niveaux macroscopiques différents. Il s'agit dans ce cas-là de macro-séquences et de macro-séries. Elles sont identifiées en recherchant la cohérence entre les séquences et les séries de la même façon que se fait l'identification des séquences et des séries à partir des unités de cours d'expérience. Ainsi les macro-séquences par

⁵⁵ Les séquences et les séries ont une cohérence diachronique contrairement aux synchrones qui ont une cohérence synchronique.

⁵⁶ La structure d'attente et d'anticipation, correspond à ce que cherche à faire un acteur à un moment donné (son Engagement dans la situation), ses attentes (Actualité Potentielle), et les types et relation entre types qu'il mobilise à cet instant (Référentiel). C'est donc l'accumulation des trois composantes du signe hexadique (E-A-S) à un moment donné.

Chapitre 2 : Cadre théorique et Observatoire

exemple correspondent à un rang de cohérence supérieur à celui des séquences et peuvent également être continues ou discontinues.

Tableau 13. Macro-séquences et séquences lors de la réalisation de la navigation scénarisée.

Macro-séquence pour la réalisation de l'enquête	Séquences pour la réalisation de l'enquête
Comprendre ce qui est demandé par les consignes et préparer la réalisation de la manœuvre	<ol style="list-style-type: none"> 1. Récolter les informations nécessaires pour la réalisation de la manœuvre. 2. Hiérarchiser les questions et définir la démarche de réalisation de la manœuvre. 3. Croiser les informations données par les consignes avec d'autres sources (documents, schémas, scénario).
Rechercher les organes concernés par la manœuvre (<i>balayage total, balayage orienté par les indices et recherche à partir du « gros matériel »</i>)	<ol style="list-style-type: none"> 4. Identifier le local dans lequel se trouve l'organe. 5. Réfléchir au rôle du circuit de l'organe recherché. 6. Choisir une vue de l'EV ou trouver un meilleur point de vue. 7. Identifier un organe (changement de point de vue/recherche des informations supplémentaires dans l'environnement). 8. Vérifier l'identité d'un organe (zoom et HD).
Répondre aux questions et imaginer l'intervention	<ol style="list-style-type: none"> 9. Comprendre le fonctionnement et rôle d'un organe. 10. Choisir une vue de l'EV où trouver un meilleur point de vue. 11. Imaginer au contexte d'intervention. 12. Réfléchir à la façon de réaliser la manœuvre. 13. Réfléchir aux conséquences provoquées à l'organe et à la centrale. 14. Questionner le formateur ou un autre stagiaire avec plus d'expérience.
Préparer le débriefing	<ol style="list-style-type: none"> 15. Réaliser un cheminement le plus pertinent possible. 16. Sélectionner les vues à utiliser pour rendre compte du cheminement de la fonctionnalité « GPS ». 17. Sélectionner les captures à montrer pendant le débriefing.

L'identification et la labélisation des séquences, macro-séquences et des séries ont été réalisées de deux méthodes différentes. Les deux premières études ont donné lieu à analyse locale (en signe hexadique) qui a permis d'identifier les structures d'attente et d'anticipation (E-A-S) entre les différentes unités de cours d'expérience. C'est donc à partir de la continuité/discontinuité des trois

composantes (Engagement, Actualité Potentielle et Référentiel) qu'a été identifiée la cohérence entre les unités du cours d'expérience. Pour la troisième étude, nous avons construit l'analyse globale des structures significatives directement à partir des USE du Récit Réduit.

II 3.3.3 Construction de Narrations

Pour certaines de nos études, conjointement aux Récits Réduits, nous avons élaboré des Narrations⁵⁷ pour décrire l'activité des acteurs. Certaines recherches du programme de recherche cours d'action ont déjà eu recours de manière systématique à des Narrations pour accompagner/compléter les Récits Réduits dans le cadre du traitement des données (Filippi et al., 2008; Filippi & Gody, 2002; Haué, 2003; Zeitler, 2006). Ces Narrations visaient à mettre en exergue des éléments « externes » non documentés dans les récits réduits, car non significatifs sur le moment pour l'acteur, mais pour autant indispensables à l'analyste dans son travail de compréhension de l'activité. Une Narration raconte le déroulement d'une période d'activité en articulant les points de vue des acteurs et celui des observateurs. Dans le cadre des études citées plus haut et portant sur l'activité des opérateurs de centrale nucléaire sur simulateur, les Narrations avaient pour but de rendre compte de manière synthétique de chaque essai réalisé sur simulateur (Filippi et al., 2008). Ces Narrations ont été élaborées à partir des transcriptions des essais complétés par les autoconfrontations ainsi qu'à partir d'un examen des faits marquants. Il s'agit bien d'une construction de la part des analystes ; en ce sens, ces reconstructions narratives ne sont pas neutres : y sont détaillés les éléments qui semblent importants aux chercheurs pour comprendre l'activité en question. Le Tableau 14 représente un exemple de Narration issu de la troisième étude.

⁵⁷ Le terme « Narration » sera écrit avec la première lettre en majuscule quand il s'agira du terme tel qu'utilisé dans le cadre de l'Observatoire du programme du cours d'action, pour le distinguer de l'utilisation du terme au sens commun.

Tableau 14. Extrait de la Narration - P1.

Narration - P1 lors du dispositif NaRé
<p>[...] Afin de vérifier si les doubles tireforts se trouvent uniquement du côté de la passerelle ou de l'autre côté aussi, P1 a changé de photo pour avoir un autre point de vue sur le couvercle de la cuve et pouvoir compter le nombre total des tireforts. Ne trouvant pas de photo où la piscine serait vide, il a pivoté dans la photo sphérique en cherchant le couvercle de la cuve sur le plancher 22 mètres. En mobilisant une connaissance, à savoir que quand la piscine est en eau le couvercle de la cuve est posé à l'extérieur sur le plancher, il a fait l'hypothèse qu'il pourrait retrouver le couvercle de la cuve posé sur le plancher et observer la configuration de la structure jaune à ce moment-là. Il a dû se téléporter en haut du bâtiment réacteur, car depuis l'endroit où il était, il n'arrivait pas à visualiser la partie supérieure du couvercle où se trouvait la structure jaune. Dès qu'il a trouvé un point de vue donnant sur le haut du couvercle de la cuve, il l'a regardée attentivement en se focalisant sur la façon dont les tireforts étaient pliés dessus (Figure 28).</p>
<p><i>Figure 28. Partie haute du couvercle de la cuve quand la cuve est ouverte et la piscine en eau. Les tireforts sont pliés verticalement.</i></p>
<p>Il a également examiné le diamètre du couvercle et les trous des goujons (Figure 29) et en a déduit que pour savoir si la structure jaune était fixe ou amovible il pouvait regarder le diamètre de la MSDG. La MSDG (Machine de Serrage et Desserrage des Goujons) comme son nom l'indique, est une machine qui est positionnée au-dessus du couvercle pour serrer ou desserrer les goujons qui verrouillent le couvercle au reste de la cuve pendant la production. Si la structure jaune était suffisamment étroite pour que la MSDG puisse se poser par-dessus et serrer ou desserrer les goujons, cela signifierait, d'après P1 que la structure jaune est fixe. Après avoir comparé le diamètre des deux organes, il en a déduit que la structure jaune ne gêne pas la MSDG et qu'elle est fixe sur le couvercle de la cuve.</p>
<p><i>Figure 29. À gauche : Partie haute du couvercle de la cuve quand la cuve est ouverte et la piscine en eau. Les tireforts sont pliés verticalement. À droite : Partie basse du couvercle de la cuve et trous des goujons.</i></p>

II 3.4 Documentation des contraintes et effets sur le cours d'action

La dernière étape a consisté à documenter les contraintes et effets extrinsèques sur le cours d'expérience, déjà présentés dans la section 1. Leur documentation a été réalisée à partir des données de la conscience préreflexive issues des autoconfrontations, des données d'observation pendant la situation de formation ou des prises de notes à des moments d'échanges informels et des données issues des autoconfrontations de second niveau (analytiques).

Tableau 15. Documentation des contraintes et effets extrinsèques sur le cours d'expérience.

	Contraintes et effets	Documentation des contraintes et effets	Exemple à partir de notre recherche
Corps (état de l'acteur)	Caractéristiques anthropométriques de l'acteur (âge, fatigue physique, taille, poids)	<ul style="list-style-type: none"> • Conscience préreflexive (autoconfrontation) • Données d'observation pendant la situation de formation ou des prises de notes à des moments d'échanges informels et des données issues des autoconfrontations de second niveau (analytiques). 	<ul style="list-style-type: none"> • Fatigue ressentie et exprimée pendant la pause d'une séance de formation considérée comme « dense ». • Gêne ressentie après l'ouverture d'un robinet du chantier-école qui était difficile à manœuvrer.
Environnement	Caractéristiques spatiales et matérielles de l'environnement ; prescriptions et consignes ; possibilités d'interaction avec les autres acteurs		<ul style="list-style-type: none"> • Consignes papier données aux stagiaires pour la navigation scénarisée. • Temps de réalisation de la navigation scénarisée (e.g., 1 heure)
Culture	Ensemble de règles et normes sociales ou d'une entreprise, d'un métier, contexte culturel, ...	<ul style="list-style-type: none"> • Conscience préreflexive (autoconfrontation) • Données d'observation pendant la situation de formation ou des prises de notes à des moments d'échanges informels et des données issues des autoconfrontations de second niveau (analytiques). • Transformation du Référentiel (types et relations entre types des signes hexadiques) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mobilisation des types [Durant la ronde il faut alerter s'il y a un écart entre la pression attendue et celle indiquée] et [Dans les centrales thermiques il y a un écart toléré entre la pression souhaitée et la pression limite à partir de laquelle il faut alerter] • Construction d'un type [Le seul d'écart autorisé est de 0,2, il faut alerter quand la mesure de la pression est inférieure de 1,8 bar.]

PARTIE B

RÉSULTATS

CHAPITRE III Première étude : Dispositif VI²BR

CHAPITRE IV Deuxième étude : Dispositif Scénario-enquête

CHAPITRE V Troisième étude : Dispositif NaRé

CHAPITRE III

PREMIÈRE ÉTUDE : DISPOSITIF VISUALISATION DU BÂTIMENT RÉACTEUR VIRTUEL (VI²BR)

La première étude empirique de cette thèse porte sur le dispositif Vi²BR, consistant en la mise en œuvre d'un cours en salle outillé par l'environnement virtuel de visualisation au centre de notre recherche, à destination des agents de terrain en formation. Ce chapitre rend compte de l'analyse des cours d'expérience des formateurs et des stagiaires pendant la mise en œuvre de ce dispositif. Il est constitué de cinq sections et clôturé par une synthèse.

- La section 1 présente les caractéristiques de ce dispositif.
- La section 2 détaille l'Observatoire et l'Atelier méthodologique de cette étude.
- La section 3 présente les résultats empiriques.
- La section 4 contient la discussion intermédiaire des résultats empiriques de cette étude.
- La section 5 présente les avancées technologiques.
- Synthèse du chapitre.

III 1. GENÈSE ET PRINCIPES DE CONCEPTION DU DISPOSITIF VI²BR

Cette section présente la genèse du dispositif⁵⁸ Vi²BR et la démarche de recherche adoptée, à savoir une démarche d'ergonomie des situations de formation (Guérin, 2012; Horcik & Durand, 2011; Zeitler, 2011)⁵⁹. Le dispositif Vi²BR est une situation de formation en salle durant laquelle les formateurs ont utilisé l'EV pour réaliser un cours portant sur des éléments se trouvant dans le bâtiment réacteur. Nous présentons d'abord la façon dont nous avons adapté la démarche d'ergonomie des situations de formation pour cette étude, suivie de la présentation de la « situation de référence » (Daniellou, 1988) qui a été choisie.

La démarche d'ergonomie des situations de formation s'appuie sur le postulat qu'une situation de formation est une situation de travail et en empruntant les principes et méthodes de l'ergonomie francophone permet d'analyser les situations de formation (voir chapitre 1, section 2.1.2.2 pour une présentation détaillée). Dans cette étude elle consiste à faire succéder par boucles itératives, des analyses de l'activité des formateurs et stagiaires et la co-conception avec les formateurs des situations de formation. Trois boucles itératives ont ainsi été réalisées (Figure 30) au cours de cette première étude.

⁵⁸ Nous empruntons la définition de Peraya (1999) pour définir le dispositif comme « une instance, un lieu social d'interaction et de coopération possédant ses intentions, son fonctionnement matériel et symbolique enfin, ses modes d'interaction propres. L'économie d'un dispositif – son fonctionnement – déterminée par les intentions, s'appuie sur l'organisation structurée de moyens matériels, technologiques, symboliques et relationnels qui modélisent, à partir de leurs caractéristiques propres, les comportements et les conduites sociales (affectives et relationnelles), cognitives, communicatives des sujets » (Peraya, 1999, p. 153).

⁵⁹ La démarche d'ergonomie des situations de formation est présentée dans le chapitre 1, section 2.

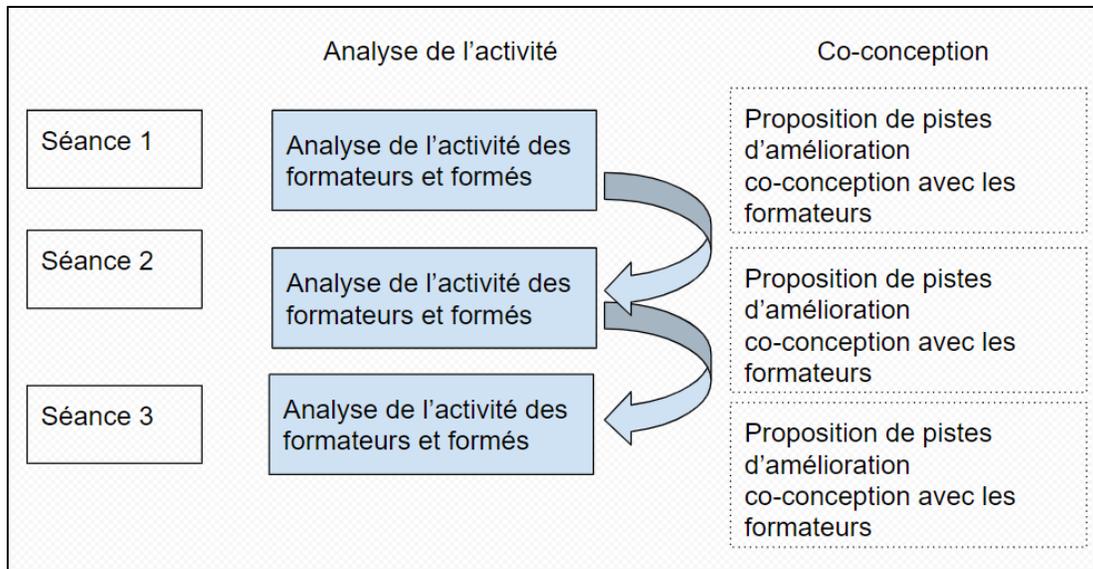


Figure 30. Représentation de la démarche itérative d'analyse du cours d'expérience et de (re)conception du dispositif.

Un autre principe de cette démarche est le processus de co-conception des situations de formation entre les formateurs et les chercheurs. Les pistes d'amélioration proposées à l'issue de chaque étape d'analyse du cours d'expérience des acteurs étaient discutées avec les formateurs pour vérifier leur pertinence d'un point de vue pédagogique (vis-à-vis de leur réponse aux objectifs pédagogiques du cours) et pour spécifier leur mise en œuvre au regard des contraintes organisationnelles et techniques.

La « situation de référence naturelle » (Daniellou, 1988) qui a été choisie avec les formateurs est un cours du cursus de formation, sur le thème de la « Configuration du BR ». Les formateurs ont choisi cette séance particulière en vue de sa thématique portant sur les éléments localisés à l'intérieur du bâtiment réacteur pouvant de ce fait être illustrés avec avantage par l'EV. Le dispositif « Visualisation du Bâtiment Réacteur Virtuel » (Vi²BR) étudié ici est le dispositif qui découle de l'introduction de l'EV dans le cours préexistant. Ce cours fait partie du cursus de formation initiale des AT⁶⁰. Ses objectifs pédagogiques, détaillés dans le Tableau 16, visent à familiariser les AT avec le rôle de ce bâtiment et les équipements les plus importants qui le composent.

⁶⁰ Le cursus de formation d'un AT est présenté au chapitre 1, section 3.

Tableau 16. Objectifs et modalités pédagogiques du cours « Configuration BR »

Cours préexistant « Configuration BR »
1 Formateur
<u>Objectifs pédagogiques prescrits :</u> À l'issue de la séance, le stagiaire est capable de :
<ul style="list-style-type: none">• Décrire les éléments du bâtiment réacteur participant au confinement• Expliquer les différentes configurations du bâtiment réacteur (éclusé et déséclusé)• Reconnaître les deux types de traversées⁶¹ enceintes (mécaniques et électriques)• Identifier les éléments, organes et piscines qui se situent au niveau 22m• Décrire les différents éléments du circuit primaire
Ressources : diapositives, vidéo
12 stagiaires

Les ressources matérielles utilisées habituellement pour cette séance sont la projection de diapositives complétées de vidéos et l'utilisation d'un tableau blanc pour noter des éléments ou dessiner des schémas (par ex le schéma mécanique du circuit étudié).

⁶¹ Traversée : Une « Traversée Enceinte » est une section de tuyauterie qui relie l'intérieur du bâtiment réacteur aux autres bâtiments. Elle traverse l'enceinte de confinement et est à ce titre particulièrement importante pour le confinement des substances radioactives dans le BR. Toutes les traversées enceintes sont dotées de plusieurs organes d'isolement

III 2. OBSERVATOIRE ET ATELIER SPÉCIFIQUE A L'ÉTUDE 1

L'étude Vi²BR vise à décrire et expliquer (i) comment les formateurs ont utilisé cet EV pour réaliser une formation avec des objectifs pédagogiques précis, en documentant leurs Préoccupations, ainsi que les contraintes et effets de l'utilisation de l'EV dans cette situation de formation (ii) comment les stagiaires ont construit, renforcé, invalidé et mis en lien des types, ainsi que la nature de ces types construits.

Cette section précise l'instanciation de l'Observatoire et de l'Atelier mis en œuvre dans cette troisième étude. Elle présente (i) les participants à l'étude, (ii) le déroulement du dispositif, (iii) les méthodes de construction de données, et (iv) les méthodes de traitement des données.

III 2.1 Participants à l'étude

Neuf participants (les deux formateurs et sept stagiaires des différentes promotions) ont participé à l'étude Vi²BR (Tableau 17). Les deux formateurs avaient manifesté leur engagement et intérêt de participer à la recherche dès la phase préparatoire lors des réunions organisées avec eux. Tous deux étaient d'anciens AT avec une qualification de HMT⁶². F1 avait vingt ans d'expérience terrain et était formateur depuis quatre ans. F2 avait vingt-deux ans d'expérience terrain et cinq ans comme formateur.

Tableau 17. Participants de l'Étude 1

Profession	Participant	Séance	Expérience professionnelle	
Formateur	F1	S1, S2, S3	Formateur – ancien agent de la Conduite	20 ans (AT) + 4 ans (formateur)
	F2	S1, S2, S3	Formateur – ancien agent de la Conduite	22 ans (AT) + 5 ans (formateur)
AT en formation	Al	S1	Reconversion professionnelle depuis une centrale thermique	6 ans
	An	S1	Premier poste	-
	Fr	S1	Premier poste	-
	Sp	S1	Reconversion professionnelle (opérateur de conduite dans une centrale thermique)	3 ans
	Os	S2	Reconversion professionnelle électricien dans le nucléaire	19 ans
	Sl	S2	Reconversion professionnelle depuis une centrale thermique	7 ans
	J	S3	Reconversion professionnelle depuis une centrale à gaz	12 ans

⁶² HMT : Haute Maîtrise Terrain

Chaque promotion était constituée de dix à douze stagiaires, dont certains⁶³ ont choisi de participer à cette étude. Au début de chaque séance, nous avons présenté brièvement la recherche et la méthodologie et proposé aux stagiaires volontaires pour participer à une autoconfrontation après l'enregistrement de la séance.

La majorité des AT en formation avaient une expérience professionnelle sur un autre poste dans une centrale (n=5/7), soit au service de la conduite dans un autre type de centrale (thermique ou gaz) (n=2/7), soit dans un service de maintenance : électricité dans une centrale nucléaire (n=1/7), ou en robinetterie dans une centrale thermique (n=1/7) ou encore en mécanique d'une centrale à gaz (n=1/7). Deux des participants n'avaient pas d'expérience professionnelle antérieure et étaient sur leur premier poste (n=2/7). Le Tableau 18 synthétise l'expérience professionnelle de chacun des AT en formation.

Tableau 18. Participants (AT en formation) de l'Étude 2 et expérience professionnelle antérieure.

Prénom du participant	Expérience professionnelle	Service du poste antérieur	Type de centrale
J	12 ans	Conduite	Gaz
Sp	3 ans	Conduite	Thermique
Al	6 ans	Mécanicien	Gaz
Os	19 ans	Maintenance - électricien	Nucléaire
Sl	7 ans	Robinetterie	Thermique
An	-	-	-
Fr	-	-	-

Les deux formateurs avaient manifesté leur engagement et intérêt de participer à la recherche dès la phase préparatoire lors des réunions organisées avec eux. Tous deux étaient d'anciens agents du service de conduite. F1 avait vingt ans d'expérience terrain et était formateur depuis quatre ans. F2 avait vingt-deux ans d'expérience terrain et cinq ans comme formateur.

III 2.2 Déroulement du dispositif

Le dispositif « Visualisation du BR Virtuel » (Vi²BR) que nous avons mis en place était constitué essentiellement par le rajout de l'EV projeté sur un grand écran à côté du tableau blanc sur lequel étaient projetées les diapositives. (Figure 31).

Dans ce nouveau dispositif, le changement le plus important a été la mise en place d'une co-animation à deux formateurs afin que les contraintes de manipulation de l'EV ne perturbent pas le déroulement de l'animation de la séance. En amont de la séance, les deux formateurs avaient

⁶³ Tous les participants étaient des hommes, le métier d'AT étant majoritairement masculin.

préparé ensemble le nouveau dispositif en listant les lieux et organes qu'ils voulaient montrer avec l'EV au regard du contenu théorique initialement prévu et en naviguant dans les photos sphériques de l'EV pour repérer à l'avance les points de vue. La durée de cette séance de formation était de deux heures coupées par une pause de 15 minutes. Chaque promotion était constituée de dix à douze stagiaires, comme pour le cours préexistant. Les objectifs pédagogiques prescrits⁶⁴ formulés dans le cahier des charges sont restés les mêmes (Tableau 16, p. 138).



Figure 31. Photographie de la salle de formation pendant le dispositif Vi²BR.

III 2.3 Méthodes de construction des données

Parmi les méthodes de construction de données constitutives de l'Observatoire du cours d'action présentées au chapitre 2, trois méthodes ont été utilisées pour cette première étude : (i) des observations du comportement (actions et communications) filmées et accompagnées de prises de notes, (ii) des autoconfrontations avec les formateurs et stagiaires, et (iii) des autoconfrontations de second niveau (dites analytiques) avec les formateurs.

III 2.3.1 Observation filmée et prise de notes

Trois séances de formation ainsi que les séances afférentes de préparation et de reconception ont fait l'objet d'observations filmées et de prise de notes. Cependant, seules les situations de

⁶⁴ Les « objectifs pédagogiques » indiqués ici sont ceux relatifs au contenu de la séance décrit dans le cahier des charges par l'entité de formation (UFPI) et définis par la Direction de la Production Nucléaire à un niveau national, c'est-à-dire pour la formation des AT de toutes les centrales du même palier. Si les objectifs pédagogiques de la formation des AT sont élaborés par les services centraux de manière globale pour l'ensemble des sites de production, les formateurs locaux gardent une certaine autonomie dans la mise en œuvre du contenu des séances. Cependant, une certaine marge d'autonomie est laissée aux formateurs dans la structuration du contenu de leurs séances. Ainsi, lors de l'étude, les formateurs avaient souhaité utiliser l'EV pour le cours en salle portant sur le circuit primaire, estimant que ce thème était particulièrement pertinent, car l'EV permettait la visualisation du bâtiment réacteur où se trouvent les éléments de ce circuit particulier.

formation ont été analysées⁶⁵. Le positionnement des caméras et leur nombre ont évolué au cours des différents recueils de données. Lors de la première séance de formation, une seule caméra positionnée en fond de salle (caméra A) a été utilisée pour enregistrer le comportement et les verbalisations des stagiaires et des formateurs ainsi que l'écran où était projeté l'EV. À partir du deuxième recueil de données, une deuxième caméra (caméra B) était positionnée près des deux formateurs (Figure 32). Ce positionnement visait à éviter que, pendant l'autoconfrontation, l'attention des formateurs ne soit attirée par les stagiaires et qu'ils cherchent à analyser l'activité de ces derniers, plutôt que d'explicitier leur propre activité. Enfin, lors de la troisième séance de formation, une capture de l'écran de l'ordinateur de l'EV s'est ajoutée aux enregistrements des deux caméras.

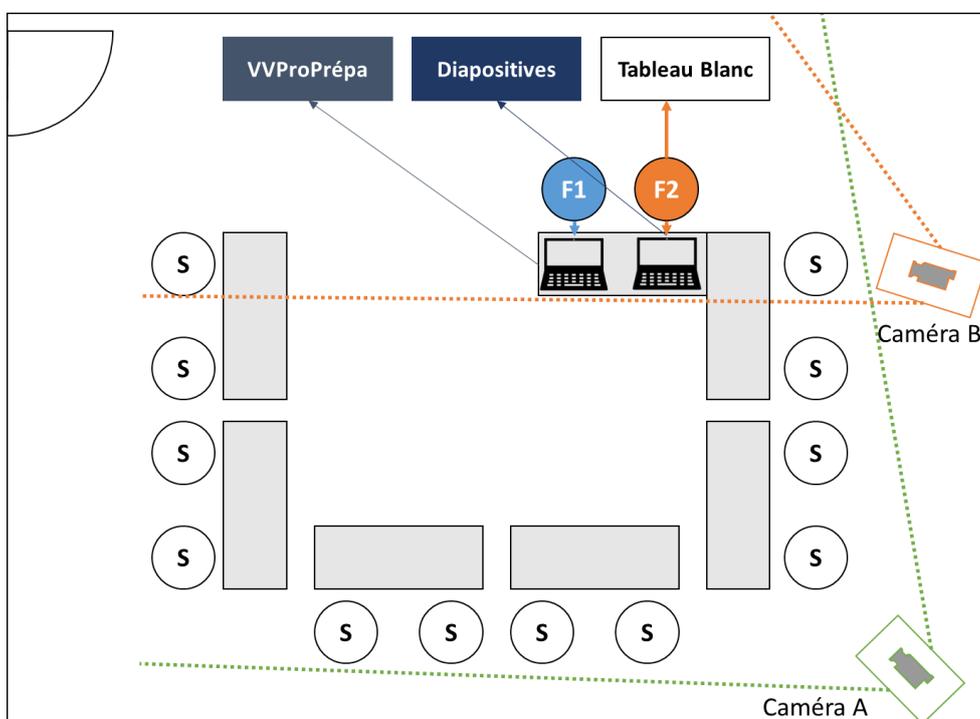


Figure 32. Représentation du positionnement des caméras dans la salle de formation pour le dispositif Vi²BR.

⁶⁵ La participation aux séances de préparation répondait à un quadruple objectif (i) la documentation des attentes et intentions des formateurs en amont de la séance de formation, (ii) la co-conception par les formateurs et chercheurs de la séance de formation suite à l'analyse du cours d'action qui avait précédé et l'élaboration en commun des changements, (iii) l'acculturation de la chercheuse avec la façon dont les formateurs prévoyaient l'utilisation de l'EV et du contenu technique abordé pendant la séance de formation et (iv) une aide à la prise en main de l'EV.

III 2.3.2 Verbalisations provoquées

Pour cette étude, deux méthodes de recueil de verbalisations ont été utilisées : des autoconfrontations et des autoconfrontations analytiques (de second niveau).

Autoconfrontations

Treize autoconfrontations ont été réalisées dans le cadre de cette étude, avec les formateurs (N=6) et les stagiaires (N=7) (Tableau 19) d'une durée moyenne de 62 minutes, à partir des enregistrements audiovisuels des séances. Toutes les autoconfrontations ont été menées dans les 48h suivant la séance observée.

Tableau 19: Autoconfrontations réalisées avec les participants de l'Étude 1.

Séances	Stagiaires / Formateurs	Participants	Durée des autoconfrontations
Séance 1	Stagiaires	Al	58 min
		An	35 min
		Fr	43 min
		Sp	44 min
	Formateurs	F1	75 min
		F2	116 min
Séance 2	Stagiaires	Os	52 min
		S1	38 min
	Formateurs	F1	71 min
		F2	94 min
Séance 3	Stagiaire	J	40 min
	Formateurs	F1	65 min
		F2	81 min

Autoconfrontations de second niveau (analytiques)

Six autoconfrontations de second niveau ont été conduites avec les formateurs. Leurs objectifs spécifiques étaient (i) de compléter les données existantes des autoconfrontations, (ii) de compléter la documentation des contraintes et effets de l'utilisation de l'EV, (iii) de structurer un espace/temps pour échanger avec les formateurs sur leurs pratiques et celles des stagiaires, et (iv) d'avoir des explications techniques liées au contenu de la séance.

III 2.4 Méthodes de traitement des données

Les données construites dans le cadre de cette étude ont été transcrites pour l'élaboration des protocoles à deux volets, l'activité des stagiaires a fait l'objet d'une analyse locale, et l'activité des formateurs a fait l'objet d'une analyse locale et globale.

III 2.4.1 Transcription et construction des protocoles à deux volets

La première étape du traitement de données a consisté à retranscrire verbatim les verbalisations en autoconfrontation et lors des séances de formation observées et à constituer les corpus de données, appelés « protocoles à deux volets » (Tableau 20). Le premier volet contenait trois sous-colonnes avec (i) l'horodatage de la séance de formation, (ii) la description des comportements et transcription des communications des acteurs en séance de formation et (iii) des images de l'écran de l'EV. La deuxième colonne contenait la transcription verbatim de l'autoconfrontation avec les explicitations correspondant au moment précis de la séance de formation.

Tableau 20 Extrait du protocole à deux volets. F1, séance 1.

Actions et verbalisations en formation		Verbalisations d'autoconfrontation F1
	<p>Ça c'est le tube transfert, avec, ça tombe bien, il y a la machine de chargement qui est juste au-dessus.</p> <p>J : On peut mettre trois assemblages dans la machine ?</p> <p>F1 : Un, un seul.</p> <p>J : Pourquoi il y a trois trucs alors ?</p>	<p>F1 : Là, le logiciel nous a permis de montrer exactement la machine. Ils posent une question et en zoomant ils peuvent visualiser la réponse. C'est bien, on sent que les stagiaires sont dans la formation. S'ils posent des questions tout va bien.</p>
	<p><i>F1 zoome sur la machine de chargement.</i></p> <p>F1 : En fait c'est un grappin, l'élément vient ici, à ce niveau-là.</p>	

III 2.4.2 Analyse locale du cours d'expérience des acteurs

La deuxième étape du traitement a consisté à réaliser une analyse locale du cours d'expérience des acteurs. L'analyse locale a consisté à renseigner la dynamique d'engendrement des signes hexadiques. Cette analyse a permis une description de l'activité et de la dynamique de construction de significations à un grain très fin tout en pouvant être déployée pour des empanns temporels restreints. Dans le cadre de cette étude, une analyse locale pour l'activité de tous les participants lors d'épisodes précis a été réalisée. Le choix des épisodes qui ont fait l'objet de cette analyse locale a été fait sur la base de la richesse des données construites et de leur pertinence par rapport à l'objet de recherche. Le Tableau 21 présente un exemple d'enchaînement de deux signes hexadiques.

Tableau 21. Construction locale du cours d'expérience de J (séance 3), signe b+4.

Signe b+4
Engagement (E) <ul style="list-style-type: none">• Cherche à se repérer dans le bâtiment réacteur.• Cherche à faire des liens entre les organes qu'il voit et le local dans lequel ils se trouvent.• Cherche à mémoriser l'emplacement des organes se trouvant dans le local.• Cherche à assimiler les vannes stratégiques.
Actualité Potentielle (A) <p>Attentes liées aux informations concernant les organes se trouvant dans le local indiqué dans l'EV.</p>
Référentiel (S) <ul style="list-style-type: none">• Il est important d'avoir une compréhension globale de la manœuvre et de savoir dans quel local se trouvent les armoires.• Pour retrouver les organes facilement, il faut connaître le local dans lequel ils se trouvent.• Connaître la position du matériel dans le bâtiment réacteur permet de se focaliser sur la manœuvre proprement dite.• Un rondier doit connaître les locaux et emplacements des vannes stratégiques dans chaque bâtiment.• Il faut être plus prudent pour intervenir dans le bâtiment réacteur, car il y a plus de risques et d'enjeux de sûreté.
Représentamen (R) <p>Visualisation de l'environnement/local dans lequel se trouvent les armoires contenant les TPL pour l'ouverture des sas.</p>
Unité Élémentaire (U) <p>Se dit qu'il est important de connaître l'emplacement des organes et des vannes stratégiques pour pouvoir appliquer les consignes.</p>
Interprétants (I) <p>Constat d'ignorance : emplacement des organes dans le Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires et le bâtiment réacteur.</p>

III 2.4.3 Analyse globale de l'activité des formateurs

L'activité des formateurs a également fait l'objet d'une analyse globale afin d'identifier les macro-séquences de l'EV pendant la séance de formation. La modélisation de la dynamique globale s'est faite par la construction de Récits Réduits (enchaînement et enchâssement d'unités élémentaires) qui permettent de mettre en lumière la succession temporelle des actions et événements du point de vue de l'acteur. La construction du Récit Réduit se fait en deux étapes : (i) le découpage en unités significatives élémentaires significatives (USE) et (ii) la dénomination de ces unités. Les USE d'un cours d'expérience s'enchaînent et s'enchâssent à des unités de rang supérieur, nommées séquences, macro-séquences et séries. La Figure 33 (p. 147) de la section suivante illustre la représentation des USE en macro-séquences).

III 3. LE COURS D'EXPERIENCE DES ACTEURS LORS DE L'UTILISATION DE L'EV EN FORMATION ORDINAIRE

Cette section se compose de trois parties qui présentent : (i) les macro-séquences du cours d'action des deux formateurs en lien avec l'utilisation de l'EV durant les trois séances observées, (ii) la dynamique de construction, validation, renforcement et mise en relation de types par les stagiaires lors des séances de formation, (iii) le *reenactment* d'expériences vécues dans le bâtiment réacteur par les acteurs (formateurs et stagiaires).

III 3.1 Macro-séquences du cours d'expérience des formateurs^{66,67}

Quatre macro-séquences ont été identifiées lors des séances de formation : (i) montrer des éléments matériels et l'agencement spatial du bâtiment réacteur, (ii) tracer des cheminements-types et sûrs dans le bâtiment réacteur, (iii) expliquer des aspects fonctionnels et aider à l'appropriation d'un modèle opératoire du bâtiment réacteur, et (iv) partager son expérience par des anecdotes relevant du travail réel. La Figure 33 répertorie les occurrences de ces macro-séquences lors de la première séance de formation. Ces quatre macro-séquences n'étaient pas exclusives les unes des autres et des chevauchements existaient. Ces chevauchements étaient une expression des multiples Préoccupations poursuivies simultanément par les formateurs au cours de la séance. À l'issue de la présentation des quatre macro-séquences est présenté un Engagement-type du formateur qui a manipulé l'EV et qui est en lien avec l'utilisation de l'EV. Cet Engagement-type est : « encourager l'immersion des stagiaires dans l'EV ».

⁶⁶ Les résultats présentés dans ce chapitre sont illustrés par un exemple et/ou justifiés par un extrait d'analyse chaque fois que nécessaire. Cela peut prendre la forme (i) d'un court récit (augmenté ou non de références aux composantes du signe hexadique), (ii) d'extraits de verbalisations in situ, (iii) d'extraits de verbatim d'autoconfrontation, (iv) de signes hexadiques ou séquences de signes hexadiques. Ces illustrations et justifications sont donc relativement hétérogènes, mais ainsi chaque résultat est soutenu par l'élément le plus pertinent et le plus aidant à sa compréhension.

⁶⁷ Convention de typographie pour la partie des résultats :

- En italique et entre guillemets : les transcriptions verbatim des verbalisations des acteurs lors de la séance de formation ou de l'autoconfrontation ;
- En italiques : les Préoccupations des formateurs et stagiaires ;
- Dans des crochets [] les types qui sont construits/mobilisés/renforcés/invalidés pendant la séance.

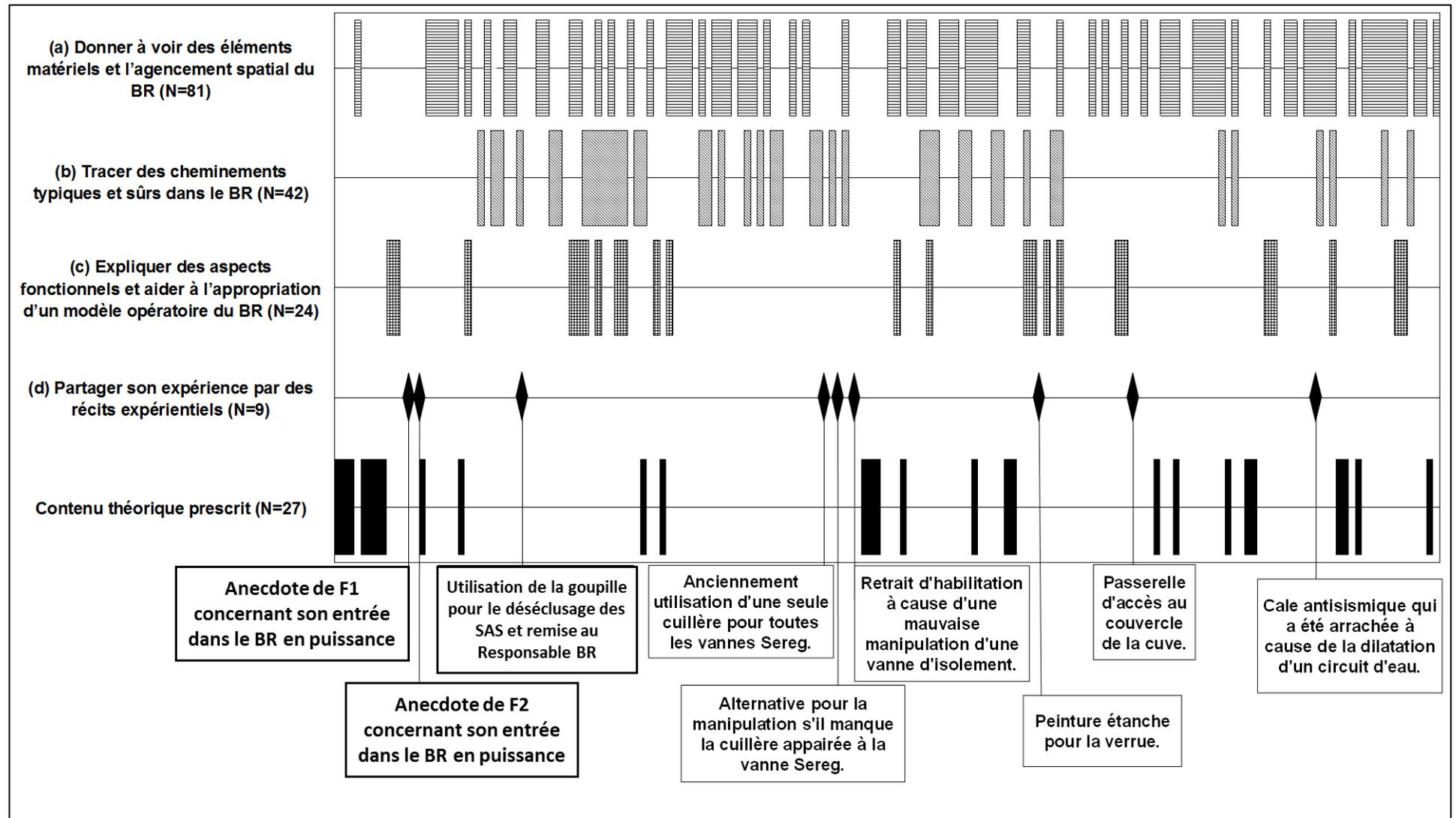


Figure 33. Enchaînement et enchâssement des unités élémentaires en quatre macro-séquences (macro-séquences) de l'EV lors de la première séance de formation et leur fréquence.

Sur la Figure 33 est présentée de manière chronologique la catégorisation des unités élémentaires (N=183) constituant le Récit Réduit construit lors de l'analyse globale du cours d'expérience des formateurs durant la première séance. Dans la Figure 34 est présenté un extrait qui illustre la méthode de construction de la Figure 33 qui précède, à partir de l'enchaînement des unités élémentaires du cours d'expérience des formateurs.

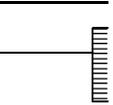
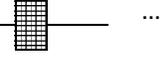
(a) Donner à voir des éléments matériels et l'agencement spatial du BR (N=81)		N° UE	Description de l'unité élémentaire
		Uμ+9	de déséclusage concernant la température du circuit primaire.
		Uμ+10	F2 explique comment ils devront faire la mesure de pression sur l'armoire indiquée sur la photo.
		Uμ+11	F1 En répondant à la question de J. explique à quel endroit se trouve le tube en U.
		Uμ+12	F1 Raconte une anecdote de travail, portant sur une entrée qu'il a du faire dans le BR en puissance.
(b) Tracer des cheminements typiques et sûrs dans le BR (N=42)		Uμ+13	F2 ajoute que lui aussi il a dû faire une entrée en puissance suite à un aléa.
		Uμ+14	F2 après avoir changé la diapositive, lit la définition projetée portant sur les traversées enceintes.
		Uμ+15	F1 montre un clapet qui est un exemple de traversée enceinte.
(c) Expliquer des aspects fonctionnels et aider à l'appropriation d'un modèle opératoire du BR (N=24)	...  ...		
(d) Partager son expérience par des récits expérimentiels (N=9)			
Contenu théorique prescrit (N=27)			
			

Figure 34. Méthode de construction de la Figure 33 à partir des unités élémentaires du cours d'expérience des deux formateurs lors de la séance 1.

III 3.1.1 Montrer des éléments matériels et l'agencement spatial du bâtiment réacteur

La première macro-séquence de l'EV concernait la monstration de l'agencement spatial et de certains organes se trouvant dans le bâtiment réacteur. Il s'agissait de la macro-séquence la plus fréquemment observée dans les données recueillies. Plus précisément, les formateurs utilisaient les photos à disposition dans l'outil pour (i) donner une vision d'ensemble de certains locaux ; (ii) montrer des matériels spécifiques ; et (iii) montrer des détails précis de certains matériels.

Les photos sphériques (360°) implantées dans l'EV aidaient les formateurs à donner aux stagiaires une vision à la fois globale, périphérique et dynamique des locaux, utile pour leur future activité. Cette vision était liée à deux caractéristiques de ce type de photos : (i) leur caractère sphérique permettant de pivoter horizontalement et verticalement, et (ii) la possibilité de naviguer par téléportation⁶⁸ de photo en photo.

Lors de chaque séance, les formateurs ont très souvent choisi de montrer des points de vue dont certains sont impossibles (car rares, à des endroits dangereux ou inaccessibles) lors d'une visite dans le bâtiment réacteur réel (e.g., une vue de l'ensemble de la piscine du bâtiment réacteur depuis le pont roulant, endroit qui est inaccessible la plupart du temps, Figure 35). Ces points de vue donnaient aux stagiaires une vue d'ensemble leur permettant de se repérer et s'orienter plus facilement lors manœuvres à réaliser dans le bâtiment réacteur.

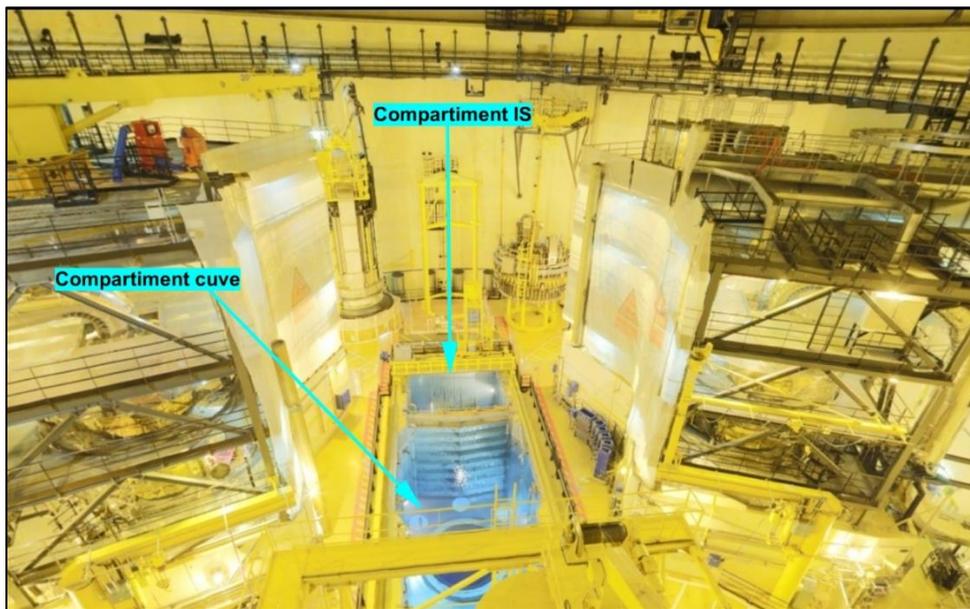


Figure 35. Vision périphérique du niveau de la piscine du bâtiment réacteur donnée par l'EV.

À titre d'illustration, lorsque F1 a cherché à montrer la piscine du bâtiment réacteur, en *voulant donner un point de vue de la piscine pleine*, il a choisi une photo prise de haut, du niveau du pont roulant, tout en pivotant horizontalement dans la photo sphérique. À cet instant, son intention était de *donner aux stagiaires une vision la plus réaliste possible*, mais aussi de *permettre aux stagiaires*

⁶⁸ Téléportation : mode de déplacement d'une photo sphérique à une autre, comme défini dans la littérature du champ de la réalité virtuelle (Fuchs, 2018).

de visualiser l'environnement comme s'ils y étaient, mobilisant le type [le regard d'une personne n'est jamais fixé sur un seul endroit, mais que son champ de vision est d'au moins 180°] (Tableau 22). Aussi F1 ne s'est pas contenté de montrer la photo et d'expliquer certains éléments associés à cette prise de vue, mais il a pivoté sur la photo cherchant à aider les stagiaires à visualiser les lieux et à se créer des repères.

Tableau 22. Extrait du protocole à deux volets et construction globale du cours d'action de F1 (U μ +49 ; U μ +50).

Actions et verbalisations en formation	Verbalisations d'autoconfrontation avec F1	Construction globale du cours d'action de F1
<p>F2 : Ça c'est la vue de haut. F1 : Voilà, ça c'est la vue de tout en haut. Ici on a deux générateurs de vapeur... <i>(pivote horizontalement dans la photo sphérique puis verticalement pour montrer le plafond du bâtiment réacteur)</i></p>	<p>F1 : Donc on montre les piscines, donc vision périphérique des piscines, donc on parle des piscines dans le bâtiment réacteur, donc en fait on a plusieurs points de vue qu'on avait travaillés avec F2. [...] donc là c'est présentation des différentes piscines donc en vue globale, et on va aller voir un petit peu plus précisément, donc la prochaine vue sera dans le fond des piscines et on va voir en détail les piscines. Je tourne donc dans la photo pour montrer aux stagiaires ce qu'il y a autour. C'est comme si tu étais en réel, quand tu es en réel, forcément tu regardes un peu partout où tu vas... Comme tu avances, tu regardes autour, pour avoir, pas une vision 360°, mais au moins 180° quoi. C'est plus intéressant que de projeter une photo quoi, parce qu'on n'a pas la vision périphérique quoi. On ne sait pas où est-ce qu'on se trouve exactement, alors que là on sait vraiment où est-ce qu'on se trouve et en plus on peut aller zoomer.</p>	<p>Uμ+49 F1 se dit que la vision circulaire leur permet d'avoir une vision comme s'ils étaient réellement sur place. Uμ+50 F1 se dit qu'avec la vision circulaire, ils savent exactement où ils se trouvent.</p>

En donnant une vision circulaire de certains locaux, les formateurs voulaient indiquer l'emplacement d'éléments qui n'étaient visibles ni sur les photos sphériques ni sur le terrain. Par exemple, F1 a signalé l'endroit où se trouve un fond plein⁶⁹ de la piscine. La bride sur laquelle était posé le fond plein n'était pas visible dans l'EV, parce que masquée par des rideaux de plomb posés pour protéger les travailleurs des rayonnements. Ainsi, malgré le fait que le fond plein n'était pas visible, le formateur a estimé qu'il était important d'indiquer son emplacement pour que les AT en

⁶⁹ Fond plein de piscine : « bouchon » posé en fond de piscine lors des phases d'arrêt du réacteur pour permettre le remplissage de la piscine et les manutentions de combustible sous eau. Lorsque le réacteur est en production, le fond-plein doit être retiré pour permettre à l'eau ruisselant en fond de piscine de s'écouler vers les puisards aux niveaux inférieurs et éviter d'endommager les éléments électroniques branchés sur le couvercle de la cuve.

formation puissent repérer « *l'endroit quand ils iront vérifier si le fond plein est bien posé* ». (Tableau 23).

Tableau 23. Extrait du protocole à deux volets et construction globale du cours d'action de F1 (U σ +3).

Actions et verbalisations en formation	Autoconfrontation F1	Construction globale
F1 : Alors c'est dommage on ne la (la bride) voit pas trop [...] c'est dommage, elle est masquée par un rideau de plomb, mais normalement ici j'ai ma bride, avec un stand sur lequel je vais venir poser mon fond plein [...] Donc ça c'est à revérifier avant le redémarrage, on vérifie que sur ce stand-là, le fond plein est bien retiré.	C. : Là, est-ce que tu te souviens ce que tu te dis étant donné qu'elle (la bride) est masquée ? F1 : Ben, leur montrer à peu près où ils pourront trouver ce fond-plein malgré le fait que là je n'ai pas d'image à ma disposition, parce tout est masqué, mais ce sera masqué également sur les tranches, donc, en fait, si eux le cherchent ben, ils ne le trouveront pas. Mais ça leur permettra de savoir à peu près où est-ce qu'il se situe. En fait quand ils verront ce rideau de plomb ils sauront que derrière il y a le fond-plein.	Uσ+3 F1 présente le fond plein, car même si les stagiaires ne le voient pas sur la photo, ils connaîtront son emplacement.

L'expérience passée comme AT du formateur (F1) lui permettait de savoir que les AT n'intervenaient pas très souvent au fond de la piscine et que les conditions de travail y étaient très contraignantes. Il se disait qu'en leur montrant des lieux spécifiques, ils s'en souviendraient lorsqu'ils auraient à y effectuer une manœuvre. Les formateurs avaient également utilisé l'EV pour montrer aux stagiaires des matériels difficilement accessibles ou visibles dans le bâtiment réacteur réel (parce que situés en hauteur, dans des endroits exigus ou dans des zones présentant des risques radiologiques). Parmi ces éléments rarement visibles, on aura au fond de la piscine des vues de la machine de chargement, du tube de transfert ou de la vidange (Tableau 24).

Tableau 24. Extrait du protocole à deux volets - F1.

Actions et verbalisations en formation	Autoconfrontation F1
F1 : Dans ces internes inférieurs, on va trouver l'accès au tube transfert. [...] Ça c'est le tube transfert, avec ça tombe bien, il y a la machine de chargement qui est juste au-dessus. [...] Et ici, dans le fond du compartiment interne inférieur, ici j'ai une vidange, tu en parles F2 ? F2 : Oui, donc si vous voulez, ici c'est la vidange du compartiment, je vous fais un petit schéma.	Et là ça permet de visualiser exactement les piscines, comme les verront que très peu de stagiaires. Il n'y a pas beaucoup de stagiaires qui descendent dans le fond des piscines on n'y intervient qu'assez rarement. C'est pour ça que c'est intéressant d'avoir ces vues un peu plus spécifiques. Voilà, là on parle de ce qu'on voit très rarement, parce qu'on n'y va pas forcément dans les piscines. Donc ça c'est un endroit ; donc c'est la vidange du compartiment.

Selon les cas observés, il pouvait s'agir pour les formateurs de *chercher à montrer l'emplacement d'un matériel* (pour permettre aux stagiaires d'y accéder plus facilement et rapidement lors des futures entrées) *ou ses caractéristiques générales* ; lors de son autoconfrontation, F1 expliquait :

« *C'est intéressant pour montrer certains endroits bien particuliers. F2 voulait leur montrer ce qu'on appelle la lyre du pressuriseur donc c'est la tuyauterie qui part de la boucle et qui va jusqu'au pressuriseur. Et là, on n'y va quasiment jamais dans ces endroits-là, donc c'est intéressant de le voir et de faire comprendre aux stagiaires en fait comment est faite cette lyre. C'est quelque chose, hormis sur VVProPrepa, ils ne le verront jamais ! En réalité ils ne le verront jamais* » (Extrait AC, F2, séance 1).

Enfin, les formateurs ont utilisé l'EV pour montrer aux stagiaires des éléments précis qu'il était possible de mettre en évidence grâce à la résolution HD des photos, permettant des zooms sans dégradation de la qualité de l'image. Il ne s'agissait plus dans ce cas pour les formateurs de montrer un matériel dans son environnement général, mais bien de faire porter l'attention des stagiaires sur une partie de ce matériel dont il était question. Si cette focalisation sur un élément précis pouvait relever du choix des formateurs, elle pouvait également répondre à une demande des stagiaires. Ainsi, alors que les formateurs présentaient une photo de la piscine du bâtiment réacteur et de la machine de chargement du combustible qui s'y trouvait (Figure 36) et voyant l'endroit où le combustible était positionné, un stagiaire a demandé s'il était possible de mettre trois assemblages dans la machine. Pour accompagner sa réponse « *un seul assemblage peut être transporté* », F1 a zoomé sur la photo pour permettre aux stagiaires de voir plus en détail l'endroit précis où se positionnait l'unique assemblage transporté (Tableau 25).

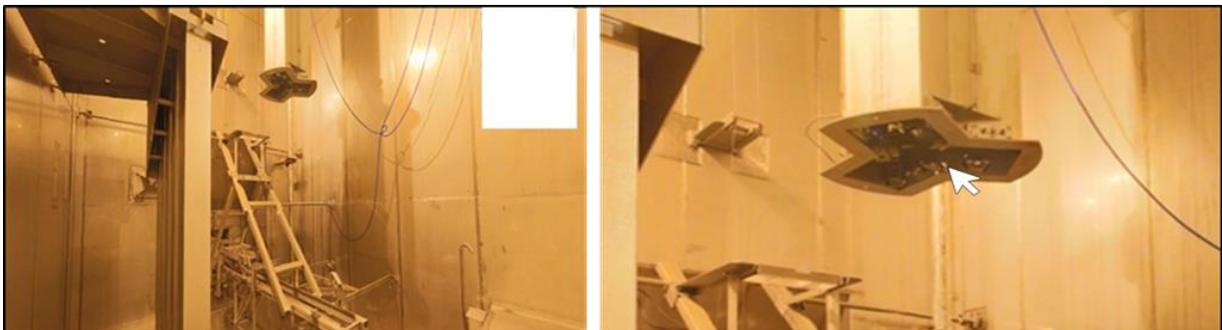


Figure 36. À gauche : vue de la machine de chargement du combustible avant que le formateur ne zoome sur celle-ci. À droite : vue pendant que le formateur donne une explication.

Tableau 25. Extrait du protocole à deux volets et construction globale - F2 : machine de chargement.

Actions et verbalisations en formation	Autoconfrontation F2	Construction globale
F2 : Ça c'est le tube transfert, avec ça tombe bien, il y a la machine de chargement qui est juste au-dessus. J : On peut mettre trois assemblages dans la machine ? F2 : Un, un seul. J : Pourquoi il y a trois trucs alors ? (F1 zoome sur la machine de chargement) F2 : En fait c'est un grappin, l'élément vient ici, à ce niveau-là. (En pointant avec la souris l'endroit où se positionne l'assemblage).	F2 : Là, l'EV nous a permis de montrer exactement la machine. Ils posent une question et en zoomant ils peuvent visualiser la réponse. C'est bien, on sent que les stagiaires sont dans la formation. S'ils posent des questions, tout va bien.	U σ +5 : F2 se dit qu'en zoomant sur la photo, les stagiaires verront l'endroit où se positionne l'assemblage.

Il est intéressant de noter que la présentation détaillée de la machine de chargement ne faisait pas partie du cahier des charges de la séance de formation initialement prévue. Le fait pour les stagiaires de pouvoir visualiser les éléments dont les formateurs faisaient mention pouvait les amener à se questionner et à questionner les formateurs sur un des éléments qu'ils visualisaient (et qui n'était pas nécessairement celui dont les formateurs étaient en train de parler). De ce point de vue, les photos représentaient des opportunités de construction de connaissances sur des aspects non prévus à l'avance par les concepteurs de formation.

III 3.1.2 Tracer des cheminements typiques et sûrs dans le bâtiment réacteur

La deuxième macro-séquence de l'EV concernait la monstration de cheminements dans le bâtiment réacteur. La typicité de cette macro-séquence était également d'abord d'ordre fréquentiel : il s'agissait d'une macro-séquence fréquemment observée dans les données recueillies (e.g., N=42 pour la première séance de formation, Figure 33 p.147).

Dans le cadre de leur travail, les stagiaires seront amenés à évoluer dans le bâtiment réacteur pour y réaliser des manœuvres d'exploitation. Il s'agit d'un bâtiment à l'agencement complexe : il compte onze niveaux aux organisations différentes, des sous-niveaux, des accès par escaliers, mais également par des crinolines, etc. Ce bâtiment présente, en plus des risques industriels courants (risque de chute, risque électrique, etc.), des zones à risque radiologique. Ces deux caractéristiques - complexité et risque – conduisaient les formateurs à transmettre aux stagiaires des recommandations sur certains cheminements les plus efficaces, autrement dit les cheminements rapides et à moindre risque.

À titre d'exemple, les formateurs ont détaillé le cheminement le plus efficient pour réaliser la procédure d'éventage de la cuve (une manœuvre à la fois rare et contraignante vis-à-vis du risque radiologique). F1 s'est employé à *montrer les endroits par lesquels les stagiaires devraient passer pour accéder aux événements de la cuve* (Tableau 26). Comme l'accès au fond de la piscine était rare et les conditions contraignantes, F1 a fait part d'un vif intérêt pour cette manière de faire la formation, *permettant une familiarisation des stagiaires avec l'intérieur de la piscine et le cheminement qu'ils doivent suivre*.

Tableau 26. Extrait du protocole à deux volets – F1.

Actions et verbalisations en formation	Autoconfrontation F1
<p>F1 : Compartiment cuve, vous allez certainement y accéder, pour ouvrir les événements cuve. Les vannes d'évent cuve, qui se trouvent là, j'en ai deux sur la cuve, avec donc vous voyez, j'en ai une là, avec une CA⁷⁰. Donc ça veut dire descendre dans le compartiment cuve, accéder par cette échelle et aller ouvrir les deux vannes. [...] Et l'accès à cette passerelle-là, se fait par une autre petite passerelle, de l'autre côté. Là, j'ai une passerelle me permettant de venir sur le couvercle de cuve en fait. Alors c'est vrai qu'avant on passait, pour accéder là on passait sur les câbles, ce n'était pas très cool. Donc ils ont fait une passerelle pour accéder normalement en toute sécurité à cette vanne permettant l'éventage de la cuve.</p>	<p>Donc là on est sur les internes inférieurs. Et là c'est des vannes qu'ils vont avoir à manipuler au cours de leur carrière donc, descendre dans la piscine, monter sur la cuve, devoir grimper sur l'échelle après et aller ouvrir ou fermer ces vannes. Donc c'était intéressant de leur montrer comment il va falloir qu'ils accèdent et où se trouvent les passerelles qu'ils devront emprunter.</p>

L'analyse du cours d'expérience des formateurs pointe que ceux-ci ont montré l'ensemble du cheminement entre les endroits par lesquels les stagiaires devaient passer pour effectuer la manœuvre d'éventage de la cuve en passant d'une photo sphérique à l'autre. Leur Préoccupation était de montrer, le plus réellement possible, les étapes de la manœuvre qu'ils devaient reproduire sur le terrain, sachant que les stagiaires devaient faire cette manœuvre le plus vite possible. Ceci soulignait l'importance pour les formateurs de familiariser les stagiaires avec certains emplacements et cheminements dans le bâtiment réacteur.

Les verbatim de F1 (Tableau 26), montraient que le formateur ne se limitait pas à suivre un cheminement d'un point A à un point B, mais détaillait les éléments matériels en présence, et explicitait les situations de travail type dans lesquelles les futurs AT seraient amenés à suivre ces

⁷⁰ CA : Condamnation Administrative. Il s'agit d'une disposition organisationnelle permettant de garantir qu'un organe important pour la sûreté du réacteur se trouve bien en position attendue, via la pose de cadenas empêchant la manœuvre par exemple. Le suivi des CA est de la responsabilité du Chef d'Exploitation.

cheminements. La fréquence de l'emploi d'indexicaux dans le Tableau 26 confirme l'intérêt d'un support visuel pour présenter des cheminements. Les outils de visualisation d'ancienne génération pouvaient déjà partiellement répondre à ce besoin. Mais l'EV va au-delà, en offrant aux formateurs une double opportunité d'adaptabilité durant la séance et d'exhaustivité dans la visualisation du bâtiment et d'accessibilité aux détails.

Lors de la première séance de formation observée, les formateurs ont majoritairement navigué par téléportation d'une photo à une autre. Ces « sauts de photo » leur ont permis de montrer aux stagiaires l'environnement de la manière la plus fidèle possible. Lors de la deuxième séance, ce mode de déplacement a été remis en question par F1 qui avait navigué non seulement avec la téléportation, mais également en utilisant la navigation 3D afin de donner l'impression aux stagiaires d'être dans le bâtiment réacteur. La modélisation 3D (Figure 37) permettait de naviguer de manière continue dans le bâtiment réacteur en utilisant le clavier et la souris sans faire des « sauts » d'une photo à l'autre comme c'est le cas avec le déplacement par téléportation. Cette modélisation permettait également d'emprunter le monte-charge, les escaliers et les échelles ce qui permettait de montrer un cheminement dans son intégralité sans le changement de point de vue dû à la téléportation de photo en photo.



Figure 37. Vision de la modélisation 3D.

À titre d'exemple lors de la troisième séance de formation, F2 expliquait les traversées enceintes. En parallèle, F1 cherchait avec l'EV à *montrer les traversées dont parle F2*, mais aussi à *aider les stagiaires à visualiser en détail une traversée*, ainsi qu'à *leur donner l'impression d'être dans le bâtiment réacteur*. Quand F2 a fini l'explication relative à la première sorte de traversées (traversée

380V), F1 s'est interrogé sur la manière de réaliser le cheminement en direction de la seconde sorte de traversées (traversée 6,6 kV). En mobilisant des types déjà construits sur les possibilités de l'EV comme [*déplacement par téléportation : ne permet pas de voir le cheminement de manière continue*], [*déplacement en 3D : permet de reproduire le cheminement en voyant l'environnement*] F1 a considéré que pour le trajet entre les deux sortes de traversées la visualisation de l'environnement authentique (et donc des photographies) était moins importante que la reproduction du cheminement, puisque les stagiaires devront surtout savoir comment se rendre d'un type de traversée à l'autre et que la connaissance des éléments qui se trouvaient sur le trajet en question était plus accessoire.

« Donc là j'ai figé l'image sur une traversée et je réfléchis à comment aller vers la traversée 6,6, est-ce que je fais un saut d'image, ou est-ce que je vais faire le cheminement réel pour aller vers la traversée 6,6? Alors j'ai décidé de faire le cheminement réel. C'est pour que les gens aient l'impression d'être dans le bâtiment réacteur, parce que si tu fais des sauts de photos, tu te déplaces de photo en photo, mais tu ne vois pas le cheminement... alors que là on voit l'environnement du cheminement de manière continue » (Extrait AC, F1, séance 3).

La comparaison entre le déroulement des trois premières séances met en lumière le caractère opportuniste de certains des cheminements réalisés lors de la première séance, et qui ont été ensuite reproduits de manière systématique et réfléchi lors des séances suivantes. Le cheminement relatif à l'éventage de la cuve en faisait partie : à partir de la deuxième séance les formateurs ont prévu de montrer le cheminement en question et ont utilisé la fonctionnalité « GPS⁷¹ » de l'EV qui indique le cheminement à suivre dans le bâtiment réacteur (Figure 38).

⁷¹ Fonctionnalité « GPS » : Fonctionnalité de l'EV qui permet de créer un cheminement entre au moins deux emplacements dans le BR.

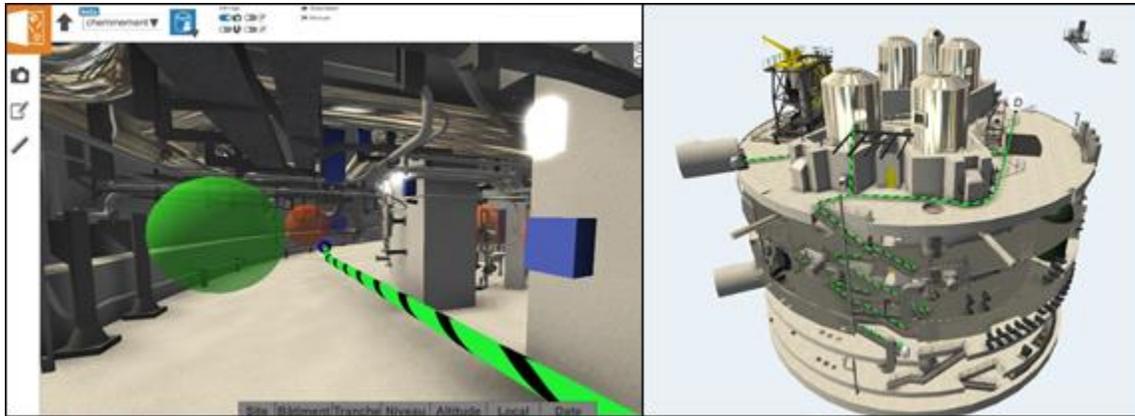


Figure 38. Illustration de la fonctionnalité "GPS" avec l'aide visuelle : à gauche de la vue 3D et à droite de la vue en survol.

L'utilisation de cette fonctionnalité par les formateurs répondait à leurs intentions de pouvoir capitaliser les éléments à aborder, c'est-à-dire de pouvoir avoir tous les cheminements et photos sphériques qui voulaient montrer lors de la séance. En utilisant la fonctionnalité « bibliothèque⁷² » à partir de la deuxième séance, les formateurs ont rassemblé et organisé les photos sphériques qu'ils souhaitaient montrer aux stagiaires, mais aussi des cheminements typiques grâce à la fonctionnalité « GPS ». Les cheminements montrés par les formateurs avec la fonctionnalité « GPS », comme celui de l'éventage de la cuve, sont considérés par les formateurs comme particulièrement importants, car ils sont à la fois typiques – fréquemment réalisés par les AT, ou critiques, au sens où les AT doivent passer par des endroits potentiellement dosant durant de telles manœuvres qui, si elles sont rares, restent hautement probables (e.g., éventage de la cuve). Ils exprimaient cet intérêt lors des autoconfrontations

« Là on fait le cheminement de l'évent pressu en vision 3D, je trouvais que c'est intéressant parce que ça leur permet vraiment de visualiser leur cheminement, le cheminement qu'ils auront à effectuer pour aller manœuvrer tel ou tel matériel. [...] On l'avait préparé justement pour l'évent pressu parce qu'il est un peu loin et de toute façon il faut qu'ils y aillent pendant les arrêts de tranche, ça c'est sûr qu'ils iront » (Extrait AC, F1, séance 2).

⁷² Fonctionnalité « bibliothèque » de l'EV : capitalisation des annotations, capture d'écran, itinéraires dans l'application.

Lors des autoconfrontations, les formateurs avançaient une deuxième raison qui les avait amenés à construire les cheminements avec la fonctionnalité « GPS » : celle-ci leur permettait de naviguer dans le bâtiment réacteur virtuel lors de la séance sans se perdre dans l'enchaînement des photos

« C'est intéressant de voir le "serpent"⁷³ [aide visuelle], parce que ça te... tu n'as pas besoin de réfléchir sur où est-ce que je vais, parce que si t'as pas le cheminement, avec ta photo sphérique, ben tu peux aller ... tu regardes partout, pas forcément directement sur le lieu où tu veux aller en fait... Alors que là, tu suis... tu es guidé, tu ne te perds pas » (Extrait AC, F1, séance 2).

Il est intéressant de noter que même si l'Engagement des formateurs de rendre compte des cheminements dans le bâtiment réacteur était présent dès la première séance de formation, la matérialisation de cet Engagement dans l'utilisation de l'EV a évolué passant d'une téléportation de proche en proche (de photo en photo), à l'utilisation complémentaire de la vision 3D, jusqu'à l'utilisation de la fonctionnalité « GPS ».

III 3.1.3 Expliciter des aspects fonctionnels et aider à l'appropriation d'un modèle opératoire du bâtiment réacteur

La troisième macro-séquence de l'EV était relative à l'explication du fonctionnement de certains organes, notamment les vannes qui sont nombreuses et complexes dans le bâtiment réacteur. La typicité de cette macro-séquence est basée sur la significativité des occurrences : lors des séances étudiées, les formateurs ont longuement insisté sur la manière de manipuler certains robinets. Les autoconfrontations des formateurs et des stagiaires confirment l'intérêt pédagogique de ces moments et du support apporté par l'EV.

Une part importante du travail des AT est de manipuler des vannes afin d'effectuer des lignages de tuyauterie. Certaines vannes sont à commande manuelle, d'autres sont à commande automatique, contrôlées à distance depuis la salle de commande. Les vannes à commande automatique peuvent être manipulées aussi « en local » et doivent par la suite être mises en mode automatique par les AT pour qu'elles soient manœuvrées par la salle de commande quand le bâtiment réacteur sera fermé pendant la production.

⁷³ « serpent » : le formateur fait référence à l'aide visuelle indiquée en vert lors de l'utilisation de la fonctionnalité « GPS ».

Ainsi, dès la première séance, les formateurs ont utilisé les photos sphériques de l'EV pour expliquer aux stagiaires la procédure de mise en mode automatique d'une vanne de régulation participant à l'isolement du bâtiment réacteur. « *Voilà, donc ici vous avez la salle du bâtiment réacteur, donc les vannes de la traversée mécanique. Donc ça, ça vous parle ce type de vannes là ? C'est ce qu'on appelle les vannes Sereg. Vous vous rappelez comment on passe une vanne Sereg en automatique ?* » (verbalisations de F2 pendant la situation de formation). D'après les formateurs, le recours aux photos pour étayer ces explications s'est accompagné d'une augmentation des interactions entre stagiaires et formateurs par rapport aux séances de formation sans utilisation de l'EV. En autoconfrontation, les formateurs ont fait état de leur satisfaction devant cette participation active des stagiaires. Les formateurs se sont appuyés sur l'EV pour évoquer non seulement des connaissances de nature spatiale, mais aussi des connaissances de nature fonctionnelle. Ainsi en montrant les organes et endroits précis du bâtiment réacteur, ils ont également pu aborder des thématiques autour du fonctionnement de différents organes.

Un autre exemple concerne la présentation de la procédure du déséclusage du bâtiment réacteur. Ainsi, lors de la première séance les formateurs ont expliqué comment se faisait la manœuvre de déséclusage du bâtiment réacteur en simulant la manœuvre. Ils ont d'abord montré l'endroit où se trouvait l'armoire de manœuvre des sas (Figure 39), à l'intérieur de laquelle les stagiaires devraient actionner une vanne de mesure qui quantifierait la pression dans le bâtiment réacteur et son bâtiment voisin afin de connaître la ΔP (différence entre les deux mesures de pression). Les formateurs ont également montré aux stagiaires le « tube en U » sur lequel ils pourraient lire la ΔP . Pour finir, les formateurs ont montré aux stagiaires l'armoire dans laquelle ils trouveraient le « tube en U » et le local où se situait cette armoire. Ainsi, tout en décrivant chaque étape de cette manœuvre, les formateurs ont présenté chaque organe que les stagiaires auraient à utiliser et la manière dont ils devraient les utiliser. Leur Préoccupation était de *donner la vision des organes dont ils parlaient au moment où ils en parlaient, en simulant presque la manœuvre* (Tableau 27).



Figure 39. Photos utilisées pour expliquer la manœuvre d'ouverture des sas.

Tableau 27. Extraits des verbalisations en formation, en autoconfrontation et de la construction globale des deux formateurs.

Actions et verbalisations en formation	Verbalisations d'autoconfrontation F2	Verbalisations d'autoconfrontation F1	Construction globale du cours d'action de F2 et F1
<p>F2 : Dans ce coffret-là (<i>F1 et F2 désignent tous les deux le coffret avec des pointeurs</i>) vous avez une vanne, qui est reliée au bâtiment réacteur avec tout simplement une petite conduite, qui va conduire au bâtiment réacteur et qui va permettre de mesurer la pression du bâtiment réacteur sous un tube en U qui se situe à l'extérieur. Donc vous entrez dans le SAS, vous ouvrez la porte, vous entrez dans le SAS, vous ouvrez la vanne, vous refermez la porte et puis vous mesurez la ΔP BAN – bâtiment réacteur sur le tube en U qui se situe là.</p>	<p>C. : Et ici qu'est-ce que tu fais ? F2 : on est sur des explications de manœuvre d'exploitation. On parle de la manœuvre de déséclusage et on a tous les éléments pour bien expliquer.</p>	<p>F1 : Donc là on entre à l'intérieur du SAS, ce dont parle F2 on le fait réellement. Donc il y a une manip un peu particulière à faire et on doit contrôler les pressions et ce contrôle de pression se fait sur une espèce de ..., sur un tube en U en fait, qui se trouve ici. Au moment où parle F2 on visualise en même temps où est-ce que doit être fait ce relevé de pression. Donc c'est vraiment intéressant.</p>	<p>Uμ+23 F2 explique aux stagiaires la manœuvre d'exploitation qu'ils seront amenés à faire pour mesurer la mesure de pression entre le BAN et le bâtiment réacteur. Uμ+ 34 F2 se dit qu'en visualisant les organes, ils ont tous les éléments pour bien expliquer aux stagiaires la manœuvre d'exploitation. Uζ+35 F1 se dit que c'est intéressant, car les stagiaires visualisent l'endroit où ils feront une relève de pression en même temps que F2 explique la manipulation.</p>

Lors de la première séance de formation, la présentation des éléments participant au déséclusage du bâtiment réacteur s'est faite de manière opportuniste : les formateurs, voyant que les éléments armoires et vannes participant à cette manœuvre étaient visibles grâce à l'EV, ont décidé d'aborder la procédure en question. Les deux formateurs ont montré l'endroit où se situaient les différents

éléments. Lors de la préparation de la deuxième séance et suite aux recommandations de la chercheuse concernant l'utilisation de la fonctionnalité « bibliothèque », les formateurs et la chercheuse ont choisi et enregistré les photos sphériques qu'ils avaient prévu de montrer en annotant le matériel à manœuvrer pour cette procédure (e.g., Figure 40). Ces photos annotées ont été imprimées et distribuées aux stagiaires afin qu'ils puissent les consulter lorsqu'ils auront à réaliser cette manœuvre sur le terrain.



Figure 40. Exemple de photos sphériques annotées pour la description d'une manœuvre d'exploitation.

III 3.1.4 Partager son expérience par des récits expérientiels relevant du travail réel

La quatrième macro-séquence rend compte de la production spontanée et opportuniste de récits expérientiels par les formateurs évoquant et racontant des expériences antérieures « typifiées⁷⁴ ». Lorsqu'une photo de l'EV leur évoquait un épisode qu'ils avaient vécu dans le passé ou un épisode dont ils avaient pris connaissance par leurs pairs et qu'ils estimaient riches de leçons pour les stagiaires, ils profitaient de cette opportunité pour leur raconter, tout en leur montrant en photos les éléments décrits. Cette quatrième macro-séquence se traduisait par la production de *récits expérientiels typifiés* : des *anecdotes de travail* ou des « *histoires du bâtiment réacteur* ». La Figure 41 montre l'occurrence de ces récits expérientiels au cours de la première séance de formation ainsi que la répartition et les chevauchements des macro-séquences au cours de la séance.

La définition des termes *récit expérientiel*, *anecdote de travail* et « *histoire du bâtiment réacteur* » s'appuie sur les travaux de Marchand (2009).

⁷⁴ Le terme « typifié » est utilisé ici au sens de (Schütz, 1987) pour souligner la dimension collective de ce partage qui participe à la construction d'une culture d'AT.

Le *récit expérientiel* est la narration à un pair d'un épisode issu de l'expérience d'un individu dans un contexte professionnel spécifique ... [qui] possède un objectif pédagogique même s'il n'intervient pas toujours lors d'interactions formellement dédiées à l'apprentissage. Cette structure narrative particulière se distingue d'autres formes de narrations parce qu'elle évoque des événements précis de l'expérience des individus et non des faits plus imaginaires ou plus généraux sur l'organisation. Nous distinguerons ici deux sortes de *récits expérientiels* : les *anecdotes* (l'émetteur du récit a vécu l'épisode relaté) et les *war stories* (l'émetteur n'a pas vécu l'épisode relaté) (Marchand, 2009, p. 47).

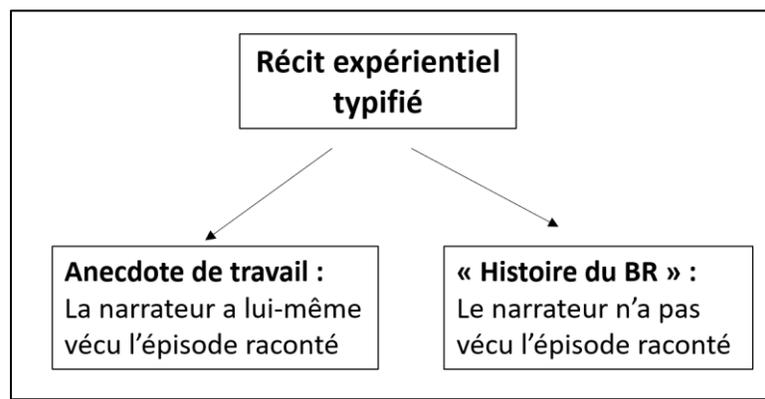


Figure 41. *Récit expérientiel, anecdote de travail et « histoire du bâtiment réacteur ».*

L'analyse du cours d'expérience des deux formateurs durant les trois séances de formation a permis de réaliser une catégorisation de ces récits expérientiels en fonction des Préoccupations des formateurs. Les formateurs ont mobilisé des récits expérientiels pour :

- (i) Aider à la compréhension d'un objectif pédagogique précis (e.g., pour expliquer un phénomène complexe),
- (ii) Aider les stagiaires dans leur activité réflexive sur un problème ou une situation donnée,
- (iii) Débattre avec les stagiaires de controverses métier (e.g., entrée dans le bâtiment réacteur en puissance)
- (iv) Partager des éléments « du fond du métier »,
- (v) Marquer une pause, une « respiration » dans cette formation considérée comme très dense par les formateurs et les stagiaires.

Lors de la première séance de formation, F2 a raconté un récit expérientiel sur le retrait d'habilitation d'un AT suite à son défaut de contrôle d'un mauvais lignage d'une vanne d'isolement

Chapitre 3 - Première Étude : Dispositif Vi²BR

réalisé par un de ses stagiaires. Par ce récit, F2 a cherché à faire passer un message fort aux stagiaires concernant l'importance de la bonne manipulation des vannes d'isolement. Sa Préoccupation était de protéger les stagiaires de certaines erreurs déjà faites par d'autres collègues (Tableau 28).

Tableau 28. Construction locale du cours d'expérience de F2 (Séance 1, signe v+14).

Verbalisation de l'autoconfrontation	Construction locale de F2 - signe v+14
F2 : Oui, là je pensais qu'il fallait que je passe un message fort concernant la vanne d'isolement qu'ils visualisent sur la photo. J'avais en tête ce qui c'était passé et puis je connais les risques quand la vanne est mal lignée, mon but était de faire passer mon message, alors c'était de leur dire donc qu'il fallait qu'ils fassent manœuvrer la vanne par l'opérateur parce que je sais que c'est le seul moyen d'être sûr que la vanne est en auto. Donc pour se protéger eux-mêmes c'est ça qu'ils oublient les stagiaires. Donc, c'est les faits, c'est la réalité et ça les alertes quoi. Donc, ça c'est l'expérience, je partage mon expérience là.	<p>Engagement (E) :</p> <ul style="list-style-type: none">• Faire passer un message fort aux stagiaires concernant l'importance de la bonne manipulation des vannes d'isolement.• Protéger les stagiaires de certaines erreurs déjà faites par d'autres collègues.• Partager son expérience afin que les stagiaires soient vigilants.• Sentiment d'intérêt lié aux informations qu'ils donnent aux stagiaires et qui concernent le « fond du métier ». <p>Actualité Potentielle (A) :</p> <ul style="list-style-type: none">• S'attend à ce que les stagiaires soient attentifs et intéressés par l'anecdote de travail.• S'attend à ce que le retrait d'habilitation marque l'esprit des stagiaires pour qu'ils se souviennent de l'importance de bien manœuvrer les vannes d'isolement. <p>Référentiel (S) :</p> <ul style="list-style-type: none">• Les stagiaires sont plus attentifs quand il s'agit des anecdotes de travail.• Si la vanne n'est pas bien mise en automatique ce sont les AT qui doivent retourner dans le bâtiment réacteur pour la régler. <p>Représentamen (R) : Réponses erronées des stagiaires concernant le moyen de vérifier la mise en automatique des vannes Sereg.</p> <p>Unité Élémentaire (U) : Se dit qu'en racontant le récit du retrait d'habilitation il réussira à passer le message sur l'importance de faire manœuvrer la vanne par l'opérateur pour vérifier qu'elle est bien mise en automatique.</p> <p>Interprétants (I) : Construction d'un type : la mise en automatique d'une vanne d'isolement n'est pas très claire pour les stagiaires</p>

L'analyse des différentes séances successives a montré que les formateurs ont continué à raconter de manière spontanée des récits expérientiels non convoqués jusqu'alors, mais aussi qu'ils ont raconté de manière planifiée certains récits déjà employés dans les séances précédentes et dont ils connaissaient le potentiel en matière d'apprentissage/développement des stagiaires. Les formateurs ont progressivement construit comme type le fait que les anecdotes portant sur l'entrée en puissance dans le bâtiment réacteur ou encore le retrait d'habilitation permettaient (i) de mettre l'accent et faire passer aux stagiaires des messages importants concernant le fonctionnement de la centrale et

des aspects auxquels il fallait être vigilants, mais aussi (ii) de débattre autour des controverses professionnelles.

Le récit expérientiel portant sur le retrait d’habilitation a été suivi d’un débat. Certains stagiaires ont manifesté leur incompréhension de ne pas pouvoir réaliser eux-mêmes les manœuvres sur le terrain pendant leur formation alors que cela leur permettrait d’apprendre et s’appropriier les gestes métier⁷⁵. Un deuxième débat a émergé concernant les entrées en puissance dans le bâtiment réacteur⁷⁶ évoquées par le récit des formateurs. Certains des stagiaires ont réagi spontanément en disant qu’ils n’entreraient jamais dans le bâtiment réacteur en puissance, ce à quoi les formateurs leur ont précisé que personne ne les obligerait à le faire puisque les entrées en puissance sont exceptionnelles pour faire face à des impératifs de sûreté et se font sur la base du volontariat. Ces débats sur le travail des AT sont riches, car ils permettent d’aborder des sujets qui « tiennent à cœur ⁷⁷ » aux stagiaires, pour lesquels ils ont des doutes et un sentiment d’incertitude. Ils permettent d’aborder le travail dans sa dimension plus concrète et « réelle » avec les difficultés, enjeux, doutes et dilemmes qu’ils pourront rencontrer et ressentir à l’avenir.

L’analyse a montré également que les formateurs pouvaient raconter un même récit expérientiel – en l’occurrence l’entrée dans le bâtiment réacteur en puissance – avec des Préoccupations différentes d’une séance à l’autre (Tableau 29). Pendant la présentation des conditions d’accès, F2 a mentionné que « *normalement on ne rentre pas dans le bâtiment réacteur en puissance, sauf si c’est pour des impératifs de sûreté* » (verbatim F2, séance 1). Au moment où F2 disait aux stagiaires qu’ils pouvaient être amenés à entrer dans le bâtiment réacteur en fonctionnement, F1 a expliqué que cela lui était déjà arrivé. Son objectif était *d’exemplifier ce que disait F2, c’est-à-dire que « normalement on n’entre pas quand le bâtiment réacteur est en puissance, mais que cela peut arriver »*. Il s’est dit qu’il était important de *les préparer au fait qu’ils pouvaient être confrontés au fait d’entrer eux aussi en puissance*. F2 a poursuivi en disant que lui aussi était entré dans le bâtiment réacteur en puissance durant sa carrière, tout en spécifiant que c’était pour des impératifs de sûreté.

⁷⁵ Selon les centrales, les services de Conduite peuvent laisser ou pas les AT en formation manipuler le matériel eux-mêmes. Si c’est le cas, ces manipulations se font sous la surveillance et le contrôle de l’AT habilité responsable de l’intervention.

⁷⁶ Entrée en puissance : lorsque le réacteur est en fonctionnement.

⁷⁷ L’usage de cette métaphore se réfère aux sujets qui définissent le travail, qui touchent les interventions futures des stagiaires et qui touchent également le risque qui peut exister derrière certaines interventions.

Lors de la deuxième séance, l'intention de F1 était de partager des éléments du fond du métier qui faisaient référence au travail réel et leur montrer qu'en réalité les choses pouvaient se passer différemment que ce qui était dit de manière théorique en formation. Il cherchait également à montrer l'intérêt d'avoir un outil comme VVProPrepa qui permettait de visualiser le cheminement à suivre dans le bâtiment réacteur et de bien préparer une potentielle intervention. F2, quant à lui, a fait le choix de ne pas raconter d'anecdote de travail qu'il avait vécue durant la deuxième séance. Mais il a raconté que, dans les premières centrales, des rondes avaient lieu dans le bâtiment réacteur en puissance. En disant cela, il cherchait à décrire l'évolution des règles. Enfin, il a cherché également à informer les stagiaires de la seule condition qui pouvait conduire à une entrée en puissance : des impératifs majeurs de sûreté.

Tableau 29. Faisceau de Préoccupations de F1 et F2 pendant qu'ils racontaient l'anecdote de travail sur l'entrée en puissance lors de chacune des trois séances de formations.

	Préoccupations de F1	Préoccupations de F2
Séance 1	<ul style="list-style-type: none"> • Exemplifier ce que dit F2. • Mettre les stagiaires face à la réalité puisqu'ils peuvent être confrontés au fait d'entrer eux aussi en puissance. • Partager le sentiment de stress ressenti lors de l'entrée en puissance. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ajouter un deuxième exemple d'entrée en puissance qu'il a lui-même vécu.
Séance 2	<ul style="list-style-type: none"> • Compléter ce que dit F2 en précisant qu'il peut arriver d'entrer dans le bâtiment réacteur en puissance. • Inciter les stagiaires à utiliser l'EV pour mieux préparer une éventuelle entrée dans le bâtiment réacteur en puissance. 	<ul style="list-style-type: none"> • Débattre avec les stagiaires sur le sujet. • Préciser les conditions d'entrée dans le bâtiment réacteur en puissance (impératifs de sûreté ou risque d'accident). • Informer les stagiaires sur les règles concernant les entrées en puissance. • Présenter le contexte historique et l'évolution des règles.
Séance 3	<ul style="list-style-type: none"> • Partager des éléments du fond du métier, le travail réel. • Montrer qu'en réalité les choses peuvent se passer différemment que ce qui est dit de manière théorique en formation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cherche à débattre avec les stagiaires sur le sujet.

Lors de la troisième séance, F2 a cherché à *déclencher le débat* sur un sujet « sensible » dont les stagiaires n'osaient pas forcément discuter en équipe de Conduite quand ils étaient en formation. Cette Préoccupation était partagée avec F1 qui a cherché également à *partager le travail réel*. Ceci s'est concrétisé notamment par un débat sur les contraintes temporelles pesant sur la réalisation de

certaines manœuvres dans le bâtiment réacteur. F1 cherchait à souligner l'écart qu'il pouvait y avoir entre ce qui était dit en formation de manière théorique et le travail réel d'un AT.

Le récit expérientiel du retrait d'habilitation présenté plus haut est typiquement un « récit professionnel à visée didactique » (Beaujouan & Daniellou, 2012). F2 l'a raconté lors de chaque séance et plus particulièrement lors de la présentation du contenu théorique sur les « traversées enceinte ». Pour F2, ce récit contenait des messages forts, compris par les stagiaires. L'importance qu'il accordait à ce récit a pu être observée lors de la 3^{ème} séance. Lors de cette séance, il s'est rendu compte qu'il avait oublié d'aborder cette anecdote à la fin de la séquence sur les « traversées enceinte ». Malgré le fait qu'ils soient déjà passés à un autre sujet et qu'il se savait en retard, F2 a pris le temps de revenir sur cette anecdote. L'importance des conséquences d'un retrait d'habilitation, événement rare, mais redouté par sa portée symbolique et matérielle, attribuait un degré de criticité à ce récit.

III 3.1.5 Encourager l'immersion des stagiaires dans l'EV

Un des Engagements-type de F1 propre à l'utilisation de l'EV était de permettre aux stagiaires d'avoir l'impression d'être dans le bâtiment réacteur. Cet Engagement se traduisait entre autres par la façon de naviguer dans l'EV, comme par le choix du cheminement avec la modélisation 3D, mais aussi la façon de pivoter dans les photos sphériques. F1 a pivoté horizontalement dans les photos où la modélisation 3D pour *permettre aux stagiaires de visualiser l'environnement comme s'ils y étaient*.

« Je tourne donc dans la photo pour montrer aux stagiaires ce qu'il y a autour. C'est comme si tu étais en réel, quand tu es en réel, forcément tu regardes un peu partout où tu vas... Comme tu avances, tu regardes autour, pour avoir, pas une vision 360°, mais au moins 180° quoi. C'est plus intéressant que de projeter une photo quoi, parce qu'on n'a pas la vision périphérique. On ne sait pas où est-ce qu'on se trouve exactement, alors que là on sait vraiment où est-ce qu'on se trouve et en plus on peut aller zoomer » (Extrait AC, F1, séance 1).

Il est intéressant de remarquer que cet Engagement du formateur à *encourager l'immersion des stagiaires dans l'EV* ne s'est pas limité aux possibilités techniques de l'EV. Le formateur a cherché la manière la plus judicieuse pour utiliser les différents possibles offerts par l'outil afin d'encourager l'immersion des stagiaires. Ainsi, pour certains déplacements, il a utilisé la vision

3D, car son intention à ce moment-là a été de *permettre aux stagiaires de visualiser le cheminement emprunté de manière continue*, tandis que pour d'autres déplacements il a choisi une navigation par téléportation pour *permettre aux stagiaires de visualiser les détails de l'environnement*. Ces choix variaient aussi en fonction des stagiaires auxquels il s'adressait et de leur connaissance du bâtiment réacteur. En effet, en utilisant l'EV, F1 a construit les types [vision 3D : permet de se repérer si on le connaît déjà le bâtiment réacteur], [photos sphériques : permettent une vue réelle de l'environnement], [vision 3D : est moins intéressante que la vision des photos quand on ne connaît pas le bâtiment réacteur] qui guidaient son choix d'utilisation.

III 3.2 Apprentissage/développement des stagiaires

Les résultats sont présentés selon deux axes : (i) la visualisation des lieux authentiques de travail et la construction et mise en relations de types, et (ii) la projection des stagiaires dans des situations futures de travail à travers les récits expérientiels et/ou visualisation des lieux de travail.

III 3.2.1 Visualisation des lieux authentiques de travail et dynamique d'apprentissage/développement

Cette section décrit la façon dont les stagiaires construisent/renforcent/invalident et mettent en relation des types pendant le dispositif Vi²BR. L'hétérogénéité des expériences professionnelles et la visualisation des lieux authentiques de travail ont conduit à la construction de types très variés de la part de chaque stagiaire. Les éléments auxquels ils ont prêté attention, qui ont été significatifs pour eux, mais aussi les doutes et questionnements associés ont également été très divers. Des extraits du cours d'expérience de trois stagiaires ont été utilisés pour illustrer notre propos, ceux d'Os, de J et d'An. An était sur son premier poste sans aucune expérience professionnelle antérieure, Os avait travaillé pendant 19 ans dans le nucléaire en tant qu'électricien prestataire et avait même participé à la construction de la centrale, et J avait une expérience professionnelle comme AT, mais dans une centrale à gaz, où il avait travaillé pendant 12 ans.

L'objectif de cette partie est de rendre compte de la façon dont se construisaient les questionnements, attentes et connaissances des stagiaires, du rôle joué par l'EV, et de la manière dont l'expérience passée de chaque agent nourrissait leur expérience au moment de la formation. Sont présentés les types existants, les dispositions attentionnelles, la façon de réaliser des manœuvres, les perceptions-type, les préoccupations-type en termes de (i) culture d'AT dans le

nucléaire, (ii) culture d'AT, (iii) culture nucléaire. Ainsi, Os a une culture nucléaire, tandis que J a une culture d'AT (hors nucléaire). Le Tableau 30 présente des exemples des différentes cultures évoquées.

Tableau 30. Exemples de types participant à la construction d'une culture de métier d'AT, une culture nucléaire et une culture de métier d'AT dans le nucléaire.

Types participant à la culture d'AT (hors nucléaire)	Types participant à la culture nucléaire	Types participant à la culture d'AT dans le nucléaire
Ensemble de types acquis par les AT travaillant dans une centrale (hors nucléaire).	Ensemble de types acquis par les acteurs de l'industrie nucléaire.	En plus des types existants dans les deux autres catégories, types qui portent sur la façon de travailler en tant qu'AT dans une centrale nucléaire.
[Il y a un écart autorisé entre la pression souhaitée et la pression limite à partir de laquelle il faut alerter.]	Procédure à suivre pour s'habiller et se rendre dans les zones contrôlées, connaissance spatiale des bâtiments qui contiennent certains endroits considérés comme des zones contrôlées	Réalisation d'une manœuvre d'un composant se trouvant uniquement dans le bâtiment réacteur (e.g., éventage de la cuve). [La réalisation de l'éventage de la cuve nécessite la manipulation de deux vannes dont une se trouve sur la cuve]

Au début de chacune des trois séances les formateurs ont montré et expliqué aux stagiaires la procédure du « déséclusage du bâtiment réacteur » c'est-à-dire l'ouverture des portes du sas du bâtiment réacteur qu'ils seront susceptibles de réaliser en début d'arrêt de tranche. Il s'agit d'une procédure impliquant un enchaînement de plusieurs manœuvres qui doivent se faire avec prudence et rigueur pour respecter notamment la différence de pression entre le bâtiment réacteur et les autres bâtiments y menant.

Pendant que F1 expliquait la consigne (procédure à suivre pour ouvrir le sas lorsqu'il est éclusé), J était attentif à l'environnement spatial du bâtiment cherchant à *se repérer dans l'espace* et à *mémoriser l'emplacement des organes se trouvant dans le local* (Tableau 31). Cette focalisation sur l'emplacement des organes et les dimensions spatiales du bâtiment réacteur, plutôt que sur la réalisation de la manœuvre proprement dite s'expliquait par les types déjà construits par J. En effet, son expérience professionnelle en tant qu'AT dans une centrale thermique, lui avait permis de construire différents types liés à la réalisation des manœuvres d'exploitation dans une centrale thermique, et de faire rapidement des analogies avec la centrale nucléaire, par exemple

[mobilisation de type : la manœuvre d'ouverture des sas se fait par des TPL⁷⁸]. Il avait alors mis en relation les types suivants : [les TPL dans une centrale nucléaire et dans une centrale thermique se manipulent de la même façon] et [la manœuvre des portes du sas du bâtiment réacteur se fait par des TPL se trouvant dans l'armoire se trouvant dans le sas]. Ainsi, un constat d'ignorance concernant les organes se trouvant dans le bâtiment réacteur l'avait amené à être attentif aux organes se trouvant dans chaque local.

Tableau 31. Construction locale du cours d'expérience de J (séance 3), signe b+4.

Signe b+4
Engagement (E) <ul style="list-style-type: none">• Cherche à se repérer dans le bâtiment réacteur.• Cherche à faire des liens entre les organes qu'il voit et le local dans lequel ils se trouvent.• Cherche à mémoriser l'emplacement des organes se trouvant dans le local.• Cherche à assimiler les vannes stratégiques.
Actualité Potentielle (A) <p>Attentes liées aux informations concernant les organes se trouvant dans le local indiqué dans l'EV.</p>
Référentiel (S) <ul style="list-style-type: none">• Il est important d'avoir une compréhension globale de la manœuvre et de savoir dans quel local se trouvent les armoires.• Pour retrouver les organes facilement, il faut connaître le local dans lequel ils se trouvent.• Connaître la position du matériel dans le bâtiment réacteur permet de se focaliser sur la manœuvre proprement dite.• Un rondier doit connaître les locaux et emplacements des vannes stratégiques dans chaque bâtiment.• Il faut être plus prudent pour intervenir dans le bâtiment réacteur, car il y a plus de risques et d'enjeux de sûreté.
Représentamen (R) <p>Visualisation de l'environnement/local dans lequel se trouvent les armoires contenant les TPL pour l'ouverture des sas.</p>
Unité Élémentaire (U) <p>Se dit qu'il est important de connaître l'emplacement des organes et des vannes stratégiques pour pouvoir appliquer les consignes.</p>
Interprétant (I) <p>Constat d'ignorance : emplacement des organes dans le Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires et le bâtiment réacteur.</p>

Contrairement à J, Os a surtout porté son attention sur la façon dont la procédure doit être réalisée et sur la collaboration avec les collègues des autres services. Il a donc été attentif à comprendre

⁷⁸ TPL : Tourner, Pousser, Lumineux. Un organe de commande présent en centrale. Pour donner un ordre à un matériel, il faut 1) tourner le bouton vers la configuration souhaitée, 2) pousser le bouton pour envoyer le signal, et 3) attendre que le bouton ait fini de clignoter, ce qui indique que le matériel est dans la configuration indiquée par l'orientation du bouton.

comment et à quel endroit du système d'interconnexion des sas se positionnait la goupille. Il a fait une hypothèse concernant la manière de positionner la goupille, qu'il a ensuite invalidée quand il a regardé plus attentivement la photo sphérique. Connaissant bien l'entrée du bâtiment réacteur et étant entré à plusieurs reprises (sans participer au « déséclusage »), il a, à ce moment de la formation, invalidé un type [*Manœuvre des sas : c'est le gardien qui la réalise*]. Il pensait que cette manœuvre était réalisée par le gardien et non par l'AT. L'invalidation de ce type et la construction du type [*Manœuvre des sas : ce sont les AT qui réalisent le déséclusage*], lui ont permis de se projeter dans des interventions futures.

Par ailleurs, en regardant la photo sphérique de l'EV, il a remarqué que les machines de contrôle de la radioactivité se trouvaient devant l'armoire de manœuvre des sas. Il s'est dit que ceci l'aurait empêché de réaliser la manœuvre aisément dans le cas où il aurait eu à la réaliser. Mobilisant le type [les instruments de mesures de la radioactivité sont très lourds], il s'est alors dit, au cours de la séance de formation, que pour les déplacer il aurait été nécessaire d'avoir un instrument de manutention.

« Là je me dis que si on devait ouvrir l'armoire qui est derrière on aurait du mal quoi. Je me suis fait la remarque parce qu'il y a du matériel devant. Alors en tant qu'exploitant on veut ouvrir l'armoire pour intervenir sur l'armoire on ne peut pas, parce qu'il va falloir d'abord déplacer tout ce qu'il y a devant. Voilà ce que je me dis. J'y ai pensé à ça comme ça, ça m'y est venu à l'esprit, je me suis dit tiens, c'est assez lourd les appareils de mesure comme ça, pour les pieds il faudrait les déplacer avec un moyen mécanisé quoi, un transpalette ou un chariot ça ne peut pas se faire en dix secondes quoi. »

Pour rendre compte d'un questionnement d'un stagiaire qui a déjà une culture d'AT, nous allons nous appuyer sur le cas de J. Pendant que F2 expliquait qu'il fallait faire une mesure de pression sur un organe, J l'a questionné sur l'écart de pression toléré avant de donner l'alerte. Ses expériences passées des rondes en tant qu'AT dans une centrale thermique l'ont conduit à construire un type relatif à l'écart toléré entre la pression attendue (ici 2 bars) et la pression à partir de laquelle il convenait d'alerter (Tableau 32).

Tableau 32. Extrait de l'analyse locale de J, signes $\xi+3$ et $\xi+4$.

Signe $\xi+3$
Engagement (E) Cherche à connaître la limite ou la tolérance autorisée pour la mesure de pression.
Actualité Potentielle (A) Attentes liées à une potentielle analogie entre le nucléaire et le thermique.
Référentiel (S) <ul style="list-style-type: none"> • Durant la ronde, il faut alerter s'il y a un écart entre la pression attendue et celle indiquée. • Dans les centrales thermiques, il y a un écart toléré entre la pression souhaitée et la pression limite à partir de laquelle il faut alerter.
Représentamen (R) Représentamen mnémorique : dans son ancien métier il y avait des écarts autorisés.
Unité Élémentaire (U) Se projette dans une situation de ronde durant laquelle il pourrait voir une pression différente des 2 bars souhaités et se demande s'il y a un écart autorisé.
Interprétant (I) Questionnement : est-ce qu'il existe dans le nucléaire un écart toléré comme dans les centrales thermiques ?
Signe $\xi+4$
Engagement (E) Cherche à connaître la limite ou la tolérance autorisée pour la mesure de pression.
Actualité Potentielle (A) Attentes liées à une réponse concernant l'écart autorisé pour la mesure de pression.
Référentiel (S) <ul style="list-style-type: none"> • Durant la ronde il faut alerter s'il y a un écart entre la pression attendue et celle indiquée. • Dans les centrales thermiques il y a un écart toléré entre la pression souhaitée et la pression limite à partir de laquelle il faut alerter
Représentamen (R) Réponse de F2 indiquant qu'un écart de 0,2 est autorisé et qu'il faut alerter à partir de 1,8 bar.
Unité Élémentaire (U) En écoutant la réponse construit un type sur l'existence d'un écart toléré de 0,2 bar.
Interprétant (I) Construction d'un type : Le seul d'écart autorisé est de 0,2, il faut alerter quand la mesure de la pression est inférieure de 1,8 bar.

Lorsque les formateurs ont présenté les traversées mécaniques, An qui avait également eu l'opportunité de se rendre dans le bâtiment réacteur, s'est dit que l'EV lui permettait de voir des choses auxquelles il n'avait pas pu prêter attention lors de ses immersions sur le terrain. Les informations données par les formateurs appuyés par l'EV, comme les détails des pressions par exemple, l'ont donc beaucoup intéressé, car il les a considérées complémentaires aux indications qu'avait pu lui transmettre son « compagnon ». Du point de vue du stagiaire, le dispositif Vi²BR était très complémentaire des immersions lors desquelles les « compagnons » n'avaient pas le

temps de tout montrer et lors desquelles tous les lieux n'étaient pas accessibles pour cause de radiations (Tableau 33).

Tableau 33. Extrait des verbalisations en autoconfrontation et analyse locale du cours d'action d'An, signe ζ+3.

Verbalisations en autoconfrontation	Construction locale d'An - Signe ζ+3
An : ça m'a appris quelque chose. Parce que je ne l'avais pas vu. C'est sûr que quand tu vas avec une personne, elle ne va pas te montrer « ça c'est ça, et ça c'est ça »... Peut-être que pour eux ce n'est pas important, mais...	<p>Engagement (E) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recherche à visualiser et comprendre le rôle des traversées. <p>Actualité Potentielle (A) :</p> <p>S'attend à ce que les formateurs leur expliquent le rôle et le fonctionnement des traversées enceinte.</p> <p>Référentiel (R) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les AT doivent faire des rondes de relevés des compteurs de certains organes. • Durant les immersions sur le terrain les « compagnons » ne donnent pas tous les détails concernant le rôle et le fonctionnement du matériel. <p>Unité Élémentaire (U) : se dit que, pour les « compagnons », les détails des pressions des organes des traversées enceinte ne sont pas des informations importantes à transmettre aux stagiaires.</p> <p>Interprétants (I) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construction d'un type : les traversées enceinte se trouvent près du sas 6.60 • Renforcement d'un type : il y a une complémentarité entre les cours en salle et les immersions en équipe de conduite.

Os a été particulièrement intéressé quand les formateurs ont montré les tuyauteries d'aspersion d'EKI⁷⁹. Il a été surpris de les voir dans l'EV, car il ne savait pas qu'il y en avait à cet endroit. Dans le bâtiment réel, il est possible de voir les tuyauteries de ce système au plafond, mais pas celles qui font le tour du bâtiment réacteur au niveau du pont roulant. Il est intéressant de noter que même lors de la préparation de la séance les formateurs n'étaient pas sûrs qu'il s'agissait des tuyauteries d'aspersion EKI. Ils ont dû regarder attentivement les différents points de vue et solliciter un autre formateur pour les identifier avec certitude. Pour les formateurs également, il s'agissait d'une première fois c'est pourquoi ils ont voulu les montrer aux stagiaires.

L'analyse du cours d'expérience d'Os montre qu'il a construit peu de nouveaux types concernant les aspects spatiaux du bâtiment réacteur, mais qu'il a surtout renforcé de nombreux types déjà existants et a mis en relation ces types avec de nouveaux types au service d'un modèle opératoire de la centrale et d'une compréhension du rôle de certains organes dans les circuits hydrauliques. La construction de nouveaux types concernant les aspects spatiaux portait majoritairement sur (i)

⁷⁹ EKI : système élémentaire chargé de contrôler la pression dans le bâtiment réacteur en cas d'accident.

des éléments qui n'étaient pas encore mis en place lors de ses précédentes entrées (e.g., passerelle qui amène au couvercle de la cuve, signe $\xi+25$, Annexe), et (ii) des éléments non observables dans le bâtiment réacteur réel (e.g., tuyauteries EKI, signe $\xi+20$, Annexe). La construction de nouveaux types concernant le modèle opératoire de la centrale et leur mise en relation avec des types concernant l'aspect spatial du bâtiment réacteur peut être illustrée par les vannes RCV. Quand les formateurs ont montré les vannes RCV, Os s'est dit qu'il connaissait très bien l'emplacement de ces vannes puisqu'il les avait réglées plusieurs fois par le passé comme électricien prestataire, mais sans connaître leur rôle dans le fonctionnement de la centrale, ni l'importance qu'elles avaient pour la sûreté de l'installation. Il a alors construit de nouveaux types portant sur l'identification du système élémentaire d'appartenance de cette vanne, sur le rôle, et sur l'importance de ce système pour la sûreté et le fonctionnement de la centrale (Tableau 34). Ces nouveaux types ont été mis en relation avec les types existants portant sur l'emplacement des vannes RCV dans le bâtiment réacteur et sur la manière de les manœuvrer (Signes $\xi+42$, $\xi+43$).

Tableau 34. Mise en relation de nouveaux types et de types déjà construits (tiré des signes 42 et 43).

Construction de nouveaux types	Types déjà construits
<ul style="list-style-type: none"> ▪ [Vannes visualisées] : vannes de la liaison générale RCV. ▪ [Vanne déjà manœuvrée] : vanne RCV013VP. ▪ [Circuit RCV] : c'est un système élémentaire de contrôle de la réactivité et de l'inventaire en eau du circuit primaire qui a un rôle important pour la sûreté. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ [Vannes visualisées] : connaissance de la façon dont elles doivent être manœuvrées (e.g., gestes, procédures et éléments à prendre en compte dans l'environnement). ▪ [Vannes visualisées] : connaissance de leur emplacement dans le bâtiment réacteur et de la manière de s'y rendre.

Les résultats montrent qu'un stagiaire ayant déjà travaillé comme AT (hors nucléaire) a tendance à focaliser son attention sur les locaux et l'emplacement des vannes stratégiques, tandis qu'un stagiaire ayant une culture nucléaire est plus focalisé sur la réalisation de la manœuvre. Les règles d'action, la perception des risques et les manières de travailler sont différentes selon les expériences antérieures. Q, ayant travaillé dans une centrale hydraulique, mentionne lors de son autoconfrontation :

« Moi, j'ai des formations métiers et de la pratique, enfin quand je dis formations métiers, avant je travaillais à l'hydraulique, donc c'était une autre façon de travailler, ce n'était pas la même. Donc du coup tu gardes des habitudes de travail, qui ne sont pas forcément les bonnes ici. Les risques

derrière ne sont pas les mêmes... On va dire qu'avant [dans l'hydraulique] tu pouvais toucher plus facilement sans autorisation des choses. Les conséquences étaient minimales par rapport aux conséquences qu'il y a ici. Le procès de l'installation était beaucoup plus petit, tu n'as pas 1300 MW derrière, c'est tout le milieu qui change. Avant tu arrêtais un groupe, tu le redémarrais tout de suite. Là maintenant tu arrêtes une tranche, ce n'est pas la même chose. Tout ça, ça pèse derrière en fait, ça te porte en fait à réfléchir en fait avant de faire ... tu te remets en question tout le temps en fait... » (Extrait AC, Q, séance 3).

Ainsi, même pour les stagiaires ayant une culture métier d'AT (hors nucléaire), ou une culture nucléaire (hors métier AT), certains types ont été invalidés durant la formation. Cette invalidation de types participait de la même façon que la construction des nouveaux types ou la mise en relation entre types au processus d'apprentissage/développement des acteurs (de Holan & Phillips, 2004) et à la construction d'une culture d'AT partagée entre les acteurs.

Il est intéressant de noter que la visualisation des lieux authentiques de travail étayait le cours dispensé en ouvrant de nouvelles possibilités de construction de types pour les stagiaires. Ces nouveaux possibles étaient d'autant plus intéressants que l'expérience passée et les types déjà construits par les stagiaires étaient divers. En visualisant les lieux, Os a pu mettre en relation des types déjà construits avec de nouveaux types (sur le fonctionnement), au même titre que J a été attentif et a construit des types liés à l'aspect spatial du bâtiment réacteur. Même si l'hétérogénéité des apprenants ne doit pas être considérée comme un frein, mais comme une ressource (Przesmycki, 1991), il n'est pas toujours facile pour le formateur d'individualiser son enseignement (Perrenoud, 1995) notamment dans des formats pédagogiques « curriculaires » tels que le dispositif Vi²BR. Ainsi l'EV devenait une ressource permettant aux formateurs de diversifier les informations apportées de manière complémentaire et pour les stagiaires d'avoir un plus large éventail de possibles pour sélectionner (consciemment ou inconsciemment) ce qui était pertinent et significatif pour eux. Les nouveaux types ou relations entre types construits n'étaient pas forcément en lien avec les objectifs pédagogiques prescrits, ou avec les intentions initiales des formateurs, mais participaient à la construction d'une culture d'AT. Ainsi, le dispositif, et plus largement l'utilisation de l'EV, permettait de multiplier les éléments qui allaient potentiellement être significatifs pour les acteurs et favoriser leur apprentissage/développement.

III 3.2.2 Projection des stagiaires dans des situations futures de travail

Un des éléments caractéristiques de l'expérience des stagiaires durant Vi²BR est qu'ils se sont projetés dans des situations futures de travail. Cette projection est liée à une dimension imaginative, nous y reviendrons. Les trois éléments favorisant cette projection sont (i) la visualisation des photos sphériques, (ii) les récits expérientiels des formateurs, et (iii) le débat autour des situations de travail.

La visualisation des photos sphériques a amené les stagiaires à sélectionner des éléments de l'environnement qui ont été significatifs pour eux et qui les ont amenés à faire « comme si » ils avaient à réaliser une intervention, « comme si » ils devaient se déplacer, ou « comme si » ils se trouvaient à l'endroit en question. Cette projection imaginative a fait émerger des questionnements, des doutes, et la production d'hypothèses. Ainsi, comme indiqué précédemment, en voyant le manomètre, J s'est projeté dans une potentielle situation de travail en imaginant la mesure qu'il devrait faire (Tableau 32). Cette projection a d'ailleurs été à l'origine de sa question en direction du formateur concernant l'écart de pression toléré. Os aussi s'est projeté en imaginant, qu'en cas de manœuvre, il allait devoir accéder à l'armoire et pour cela mobiliser des outils de levage spécifiques. Il est intéressant de remarquer que par cette projection, il a également construit des types relatifs à des dispositions à agir⁸⁰ sur le terrain et des dispositions à anticiper certaines difficultés (e.g., matériel inaccessible).

Les récits expérientiels racontés par les formateurs, induits/supportés par l'EV, ont également aidé les stagiaires à se projeter dans des situations futures de travail. À titre d'exemple, lorsque F2 a expliqué la façon de manœuvrer la vanne Sereg et a raconté le récit relatif au retrait d'habilitation, An s'est projeté dans des situations futures de travail et a ressenti un tourbillon de doutes quant à sa capacité à savoir comment manœuvrer toutes les vannes sur le terrain (Tableau 35) comme il l'a exprimé en autoconfrontation :

« Là, on va dire que F1 me met un peu le doute sur ma capacité à savoir manipuler toutes les vannes sur le terrain. Je me dis que quand je vais être jeune habilité, quand on va m'envoyer sur une vanne,

⁸⁰ Le terme de « dispositions à agir » est utilisé tel que définit par Durand (2008) « les dispositions à agir sont conceptualisées comme des possibles dont l'actualisation en contexte n'est ni automatique ni totalement prescriptive des actions qui émergent d'interactions locales entre objets ou processus. Ce sont la régularité, la signification, la reproductibilité des actions qui sont désignées de dispositions à agir, et non une entité autre que l'action et pré-existante qui commanderait prescrierait, déterminerait l'accomplissement situé » (p. 113).

*est-ce que je vais être capable de mettre les vannes qu'on va me demander dans la position attendue.
Donc, on a été formés un peu en robinetterie, mais je me dis qu'il faut retravailler ce type de vanne
» (Extrait AC, An, séance 1).*

Cette projection dans des situations futures de travail a amené An à ressentir un tourbillon de doutes concernant la façon de manipuler ce type de vanne et de la nécessité de s'entraîner sur la manipulation de cette vanne. Cet entraînement a d'ailleurs été réalisé quelques jours plus tard avec son « compagnon » de l'équipe de conduite⁸¹. Ainsi cette projection a engendré un constat d'ignorance, qui à son tour l'a amené à agir pour trouver des moyens de renforcer le type relatif à la manipulation de ce type de vanne.

Tableau 35. Construction locale du cours d'expérience d'An. Signe $\lambda+4$.

Signe $\lambda+4$
Engagement (E) <ul style="list-style-type: none">• Comprendre quelle est la « bonne méthode » pour passer une vanne Sereg en automatique.• Savoir comment manipuler les vannes Sereg.• Sentiment d'inquiétude lié au fait qu'il ne se souvient pas comment manipuler les vannes Sereg avec la cuillère.
Actualité Potentielle (A) <ul style="list-style-type: none">• Attentes liées à la façon de manœuvrer une vanne Sereg.• Attentes liées à la connaissance de la bonne réponse.
Référentiel (S) <p>Lors du stage de robinetterie, le formateur a dit que les vannes Sereg devaient être manipulées à l'ancienne.</p>
Représentamen (R) <p>Les mots de F1 : « Normalement il faut obligatoirement le faire avec la cuillère »</p>
Unité Élémentaire (U) <p>Réalise qu'il ne sait plus comment faire la manipulation avec la cuillère.</p>
Interprétants (I) <ul style="list-style-type: none">• Construction d'un type : La « bonne méthode » pour passer une vanne Sereg en automatique c'est avec la cuillère.• Renforcement d'un type : Une cuillère se trouve sur chaque vanne.• Invalidation d'un type : les vannes Sereg se manipulent à l'ancienne• Construction d'un type : La méthode apprise lors du stage de robinetterie n'est pas la bonne• Construction d'un type : Il existe deux façons de passer une vanne Sereg en automatique

⁸¹ An nous a informé de ce travail avec son « compagnon » sur ces vannes à l'issue de sa semaine de travail en équipe de conduite.

Chapitre 3 - Première Étude : Dispositif Vi²BR

En écoutant le récit du formateur relatif au retrait d’habilitation, J a directement construit des types sur l’importance des responsabilités qu’ont les AT lorsqu’ils sont habilités et sur la nécessité de toujours vérifier la bonne réalisation des manœuvres dans le cas où ils demandent à un stagiaire de la réaliser. En autoconfrontation, il précise :

« Là c’est imprimé direct ! C’est super important ! Se faire retirer l’habilitation c’est dramatique. Je ne dis pas que ça ne peut pas arriver, mais il faut être prudent. Moi je te demande de mettre les vannes en auto, tu me dis oui, mais j’irais quand même contrôler après ! Pour un gars en formation, pour être sûr que ça a été bien fait. C’est dommage pour lui, mais c’est vraiment important de la placer. » (Extrait AC, J, séance 2).

Il est intéressant de remarquer que J se projette dans une situation future en s’attribuant le rôle de « compagnon » une fois habilité. Cette projection lui permet de renforcer des types sur la responsabilité qu’il aura en tant qu’AT habilité ou encore en tant que « compagnon ».

Les récits expérientiels ont également favorisé la composante imaginative de l’expérience des stagiaires. En écoutant le formateur raconter l’anecdote de la cale antisismique⁸² et surtout en voyant la taille imposante de cette cale (Tableau 36), Os s’est dit :

« Donc là je me dis : vache ! C’est impressionnant la force de la dilatation, parce que quand on voit la cale antisismique en vraie je pense que même si une locomotive venait taper dedans elle ne l’arracherait pas quoi, c’est monstrueux quoi ! La butée,⁸³ là, elle retient un bateau, c’est monstrueux ! Donc se dire que la dilatation, ça l’a arrachée, ça donne une idée de la puissance du phénomène. On va la voir à un moment, il va la regarder [il fait référence au zoom que fait F1 sur la cale] et c’est une butée de chez butée ! Ah, je suis sûr que pour l’arracher il faut vraiment, il faut vraiment y aller ! Donc là je me suis dit, je le dis d’ailleurs à voix haute je crois, que putain pour arracher ça il faut une force titanesque ! » (Extrait AC, Os, séance 2).

Cette anecdote de travail amène Os à imaginer quelque chose qu’il a du mal à se représenter, ce qui lui permet de construire (et renforcer) des types concernant non seulement la puissance du phénomène de dilatation sur ce circuit d’eau en particulier, mais aussi de manière générale sur

⁸² Cette anecdote de travail est décrite dans la section suivante.

⁸³ Butée : autre dénomination de la cale antisismique.

l'ensemble de l'installation. La projection ici n'est donc pas liée directement à une future situation de travail dans laquelle Os se projette, mais permet d'enrichir sa structure d'attente avec des incidents « possibles, envisageables, non improbables » qui peuvent se produire (alors qu'il considèrerait l'arrachement de la cale antisismique comme peu probable, voire improbable).

Tableau 36. Construction locale Os (signe $\xi+40$, signe $\xi+41$).

Signe $\xi+40$
Engagement (E)
<ul style="list-style-type: none"> • Écouter F2 qui raconte l'anecdote de l'arrachement de la cale antisismique. • Regarder la photo de la cale antisismique.
Actualité Potentielle (A)
Attentes liées au récit de l'anecdote de F2 et des conséquences de la dilatation.
Référentiel (S)
<ul style="list-style-type: none"> • F2 a beaucoup de connaissances dans plusieurs domaines. • Les anecdotes de F2 sont toujours intéressantes.
Représentamen (R)
Sentiment de surprise en lien avec la taille de la cale antisismique qui a été arrachée.
Unité Élémentaire (U)
Il regarde, surpris, la cale antisismique pointée sur la photo.
Interprétants (I)
<ul style="list-style-type: none"> • Une cale antisismique du primaire a été arrachée lors d'un redémarrage. • La force nécessaire pour arracher la cale antisismique est titanesque. • La cale antisismique est d'une très grande taille. • Une locomotive ne pourrait pas arracher cette cale antisismique.
Signe $\xi+41$
Engagement (E)
<ul style="list-style-type: none"> • Comprendre les détails de l'anecdote de F2 concernant la cale antisismique qui a été arrachée. • Comprendre comment le primaire a pu arracher la cale antisismique.
Actualité Potentielle (A)
<ul style="list-style-type: none"> • Attentes liées à l'explication d'un phénomène. • Attentes liées au contexte technique et humain du récit.
Référentiel (S)
<ul style="list-style-type: none"> • F2 a beaucoup de connaissances et est très fort dans plusieurs domaines. • Une centrale est faite de technique et d'humain.
Représentamen (R)
Sentiment de choc en lien avec la réalisation de la force du phénomène.
Unité Élémentaire (U)
Réalise la puissance du phénomène de dilatation qui a conduit à l'arrachage de la cale antisismique.
Interprétants (I)
<ul style="list-style-type: none"> • La dilatation du circuit primaire peut être d'une force extrêmement importante. • Il faut qu'il y ait du jeu entre le circuit primaire et la cale antisismique.

Enfin, le troisième élément qui a participé à la projection des stagiaires dans des situations futures de travail sont les interactions et débats entre les stagiaires et les formateurs. Une petite passerelle

qui permet de se rendre sur le couvercle de la cuve se trouvant au milieu de la piscine, illustrée par F1, a été l'amorce d'un débat qui a amené SI à se projeter dans des situations futures de travail. Cette petite passerelle a été mise en place pour que les agents ne soient pas obligés d'emprunter le « chemin de câbles » qui n'a pas de barrière de protection. Cependant, en voyant la passerelle, les stagiaires, notamment ceux qui connaissaient déjà le bâtiment réacteur, ont dit qu'ils se sentaient moins en sécurité sur cette passerelle qu'en passant par le chemin de câbles qu'ils considéraient comme plus solide et large (Figure 42). SI a demandé au formateur s'il était possible de zoomer un peu plus pour mieux lire ce qu'il y avait d'écrit sur la pancarte de la passerelle. Celle-ci indiquait que le poids maximal autorisé pour cette passerelle qui était de 100kg. SI faisant un poids légèrement inférieur au poids maximal s'est dit qu'il n'allait certainement pas pouvoir employer cette passerelle et qu'il passerait par le chemin de câbles comme l'avaient fait les agents avant la mise en place de cette passerelle.



Figure 42. Deux moyens d'accès au couvercle de la cuve : chemin de câbles utilisé auparavant (à gauche) et passerelle utilisée désormais (à droite).

Les débats relatifs aux entrées dans le bâtiment réacteur en puissance ont également conduit les stagiaires à se projeter dans des situations futures de travail comme cela a déjà été évoqué précédemment. Ce sujet étant un peu polémique, il a amené les stagiaires à se projeter et à se questionner sur la position qu'ils adopteraient en cas de demande d'entrée en puissance dans le bâtiment réacteur. Ainsi la projection dans de potentielles situations de travail et quant à la manière dont ils agiraient « s'ils avaient à faire cette manœuvre », leur a permis de construire des types, d'argumenter et de mieux préparer ou anticiper certaines manœuvres (e.g., SI ne pouvant pas faire la manœuvre d'éventage de la cuve puisqu'il ne pouvait pas emprunter la passerelle).

III 3.3 *Reenactment* d'expériences vécues dans le bâtiment réacteur par la visualisation des lieux authentiques de travail

Un autre résultat de cette étude porte sur l'affordance (Gibson, 1979) de l'EV à encourager le *reenactment* des expériences vécues des acteurs (formateurs et stagiaires) dans les lieux visualisés par les photos sphériques. Le *reenactment*⁸⁴ est une notion initialement proposée par Collingwood (1946) pour décrire l'étude de faits historiques. Pour Collingwood, pour interpréter un fait (et donc une pensée) il faudrait re-penser une pensée passée (Muhle, 2013). Ainsi l'historien qui souhaite discerner la pensée passée devrait la re-penser dans son esprit. Theureau (Theureau, 2006, 2015) mobilise cette notion (qu'il traduit par « re-activation »), qu'il spécifie en fonction des hypothèses de substance (enaction et conscience préreflexive) du cadre théorique du cours d'action.

Dans notre étude, le *reenactment* renvoie à l'expérience consistant, sous l'effet de la visualisation des lieux authentiques de travail, à « faire émerger » ou représentifier des expériences vécues passées. En visualisant certains lieux ou organes, les acteurs se sont souvenus d'expériences vécues dans le bâtiment réacteur réel dans le cadre de leur pratique professionnelle. Cette expérience de *reenactment* est à l'origine de la mobilisation des anecdotes de travail par les formateurs. On distinguera ici les récits expérientiels des anecdotes de travail qui, comme indiqué précédemment, sont des récits expérientiels vécus par le narrateur. Le *reenactment* de l'expérience passée vécue permet la narration d'anecdotes de travail. Ceci a été observé pour les deux formateurs, mais également pour les stagiaires qui s'étaient déjà rendus dans le bâtiment réacteur réel pour réaliser des manœuvres. Trois épisodes sont présentés pour décrire ce *reenactment*, un de F2 (formateur), un d'Os (stagiaire) et un de Sp (stagiaire).

Pendant que F1 avançait virtuellement dans un local, F2 a repéré le support antisismique (Figure 43) qui sert à maintenir des tuyauteries d'un circuit d'eau en cas de séisme. En le voyant, il s'est souvenu que quand il était AT, il avait vu ce même support complètement arraché dans le bâtiment réacteur réel suite à un incident. Ce qui avait causé l'incident n'était pas un séisme, mais le fait que le jeu de serrage n'avait pas été respecté par un AT durant la manœuvre. Ainsi pendant le redémarrage, les tuyauteries du circuit primaire avaient été dilatées à cause de la haute température

⁸⁴ *Reenactment* : nous choisissons de garder la notion en anglais et ne pas utiliser une traduction en français. Des auteurs ont cependant traduit cette notion comme « re-éffectuation » (Muhle, 2013) ou « re-activation » (Theureau, 2015), ou encore « Reconstitution, restitution, reconstruction, réplique, remise en acte, réitération ou recréation » (Fraser & Dubé-Moreau, 2016).

de l'eau (supérieure à 300°C). La force de la dilatation avait été tellement importante qu'elle avait arraché le support antisismique du sol.



Figure 43. Cale antisismique (en noir) arrachée par la dilatation du tuyau.

F1 a raconté cette expérience aux stagiaires pour montrer la force du phénomène de dilatation en insistant sur l'importance de bien régler le « jeu » quand le support est vissé. F2 n'avait pas l'intention de raconter cette anecdote avant de visualiser la cale antisismique dans le bâtiment réacteur virtuel. Il l'a cependant racontée, car, pour lui, il s'agissait d'un incident très parlant pour rendre compte du phénomène de dilatation, mais aussi pour expliquer pourquoi il fallait laisser un jeu quand les tuyauteries sont fixées sur les supports. Son intention, exprimée en autoconfrontation, était aussi de *marquer une petite pause dans une formation très chargée*.

« En le voyant je me suis dit : tiens, ça aussi c'est des trucs que j'ai connus au démarrage des tranches. C'était pas du tout prévu dans le projet ça, mais c'est pour leur montrer... C'est un truc que les stagiaires ne peuvent même pas s'imaginer, la force que ça a la dilatation d'une tuyauterie. Vis-à-vis de la thématique du cours en lui-même ça n'amène rien. C'était juste histoire de faire une petite coupure, ce n'est pas vraiment en lien avec le thème, mais je me suis dit... tiens, je vais leur expliquer ce qui s'est passé en tranche, j'ai improvisé. » (Extrait AC, F2, séance 2).

La narration d'une anecdote de travail ne découle pas forcément du *reenactment* d'une expérience. En effet, comme il nous l'a expliqué par la suite, en visualisant les lieux dans l'EV, F2 s'est souvenu d'autres anecdotes qu'il n'avait pas racontées, soit parce qu'il ne lui restait pas assez de temps de

formation, soit parce qu'il aurait été obligé de rentrer dans des explications trop techniques qui n'avaient pas encore été abordées en formation.

La spécificité des anecdotes de travail racontées ici est qu'elles émergent par l'immersion des acteurs dans l'EV. Elles sont liées à la visualisation des lieux plutôt qu'au contenu prévu dans la formation. Contrairement aux anecdotes de travail qui peuvent être racontées lors de moments d'échange informels sans support visuel, par exemple les récits expérientiels racontés par les pilotes d'aviation de chasse (Marchand, 2009, 2011), avec cet EV, les stagiaires peuvent visualiser ce dont il est question. Beaujouan et Daniellou (2012) montrent que les récits qui portent sur des interventions professionnelles et accompagnés de supports visuels dynamiques augmentent de façon significative l'accroche du récit professionnel et la mémorisation par les stagiaires. Par exemple, dans l'anecdote de travail portant sur le support arraché par la dilatation des tuyaux du circuit primaire, c'est en visualisant la taille du support antisismique que les stagiaires ont pris conscience de la puissance du phénomène. Et le formateur a raconté cette anecdote non pas parce que le cours portait sur la dilatation, mais parce qu'il avait visualisé le support en question.

Certains stagiaires qui s'étaient déjà rendus dans le bâtiment réacteur ont fait l'expérience d'un *reenactment*. Durant l'autoconfrontation, Os a dit à plusieurs reprises qu'en voyant les lieux montrés par les formateurs il repensait à des expériences qu'il avait vécues. Avec sa grande expérience dans le nucléaire (19 ans), il a eu de nombreuses occasions de se rendre dans ce bâtiment en arrêt de tranche, par exemple lors d'une intervention réalisée avec un collègue visant à tester les mécanismes de commandes des grappes⁸⁵. Lors de l'autoconfrontation, il a précisé :

« Ouais, en voyant ça je ne suis pas surpris, je suis passé des milliers de fois par la porte là, par le sas 22m donc je pensais à des choses qui m'étaient arrivées dans ma vie professionnelle à ces endroits-là, à ce que j'ai vécu à certains de ces endroits-là. Ça traverse mon esprit. À ce moment-là je pense surtout à un collègue avec qui je suis entré dans le bâtiment réacteur-là, qui est décédé il y a maintenant déjà dix ans, un collègue à moi, tu vois ? Avec qui on a passé deux jours dans le bâtiment réacteur tous les deux tous seuls à faire une manip bien spéciale, on était tranquilles, il n'y avait pas de bruits » (Extrait AC, Os, séance 2).

⁸⁵ Les grappes de commande servent à contrôler la vitesse de la réaction en chaîne dans le réacteur

Son collègue et lui avaient à déplacer les câbles électriques sur le couvercle de la cuve et attendaient que les opérateurs manœuvrent le système de contrôle depuis la salle de commande (signe $\xi+6$, Annexe). Ces moments de *reenactment* de l'expérience passée sont accompagnés de sentiments dont il fait part lors des autoconfrontations. Dans ce cas présent, ce *reenactment* est associé à des sentiments de nostalgie, de joie, de mélancolie et de bien-être, liés aux bonnes conditions de réalisation de cette manœuvre (pas de bruit, température agréable dans le bâtiment réacteur) (Tableau 37, signe $\xi+8$) et au fait qu'il ait fait cette manœuvre avec un collègue avec qui il avait une relation amicale (signe $\xi+7$, Annexe).

Tableau 37. Extrait du cours d'expérience d'Os, signe $\xi+8$.

Signe $\xi+8$
Engagement (E) Cherche à se remémorer l'état de l'installation lors de ces deux journées passées pour le contrôle des commandes des grappes.
Actualité Potentielle (A) <ul style="list-style-type: none">• Attentes liées à l'émergence de souvenirs en lien avec les images visualisées.• Attentes liées à la suite du cheminement montré par le formateur.
Référentiel (S) <ul style="list-style-type: none">• Dans le bâtiment réacteur, habituellement, il y a beaucoup de bruit.• Le contrôle de commande des grappes se fait avant le redémarrage de la tranche.• L'essai de commandes des grappes s'est fait dans de bonnes conditions.
Représentamen (R) <ul style="list-style-type: none">• Visualisation du couvercle de la cuve posé près de la piscine.
Unité Élémentaire (U) Se souvient du silence et de la bonne température du bâtiment réacteur lors de ces deux jours de contrôle des commandes des grappes.
Interprétants (I) Renforcement d'un type : les conditions de réalisation d'une manœuvre dans le bâtiment réacteur sont rarement aussi favorables.

Les sentiments d'Os pendant la séance de formation ne sont pas uniquement ceux ressentis durant l'intervention passée. Ce sont certains sentiments ressentis durant cette intervention, superposés aux sentiments que ces souvenirs lui évoquent au présent. La joie et la mélancolie se mêlent puisque d'un côté il s'agit d'une expérience très agréable et de l'autre côté la re-présentification de cette expérience convoque le souvenir du décès de son ami. Cette observation rejoint la thèse de Theureau et Collingwood concernant la possibilité pour un acteur de *re-enact* des sentiments au même titre qu'une pensée, mais « de façon moins immédiate puisqu'ils sont multiples et mouvants, pour une grande part implicites » (Theureau, 2015, p. 269).

Chapitre 3 - Première Étude : Dispositif Vi²BR

Un autre exemple de *reenactment* de stagiaire est celui de Sp. Lors de la première séance, en voyant une photo avec le système d'interconnexion des sas montrant une goupille, Sp s'est rendu compte que celle-ci n'était pas positionnée au bon endroit. Il a mobilisé le type construit quelques jours auparavant quand il a assisté à la réalisation de cette manœuvre dans le bâtiment réacteur (Tableau 38, signe $\lambda+5$).

Tableau 38. Extrait de la construction locale de Sp, signe $\lambda+5$.

Signe $\lambda+5$
Engagement (E) <ul style="list-style-type: none">• Cherche à écouter les explications de F1 et F2 concernant l'interconnexion des deux sas.• Cherche à se remémorer ce qu'il a fait et vu sur le terrain quelques jours auparavant.
Actualité Potentielle (A) <ul style="list-style-type: none">• S'attend à visualiser l'endroit où se trouve la CA.• S'attend à avoir des explications sur la façon de désécluser les deux sas.
Référentiel (S) <ul style="list-style-type: none">• Il y a une goupille qui permet l'interconnexion des deux sas.• La CA se trouve à l'endroit où se positionne la goupille.• La fiche de lignage spécifie que c'est le coordinateur du BR qui doit récupérer la goupille quand la CA est levée.
Représentamen (R) <p>Vision de la goupille se trouvant posée au-dessus du mécanisme d'interconnexion des sas.</p>
Unité Élémentaire (U) <p>Dit que la fiche de lignage indique que c'est le Coordinateur du BR qui doit garder la goupille.</p>
Interprétants (I) <p>Renforcement d'un type : Il peut arriver que les agents ne fassent pas exactement comme indiqué sur la fiche de lignage.</p>

Le *reenactment* de son expérience passée s'est accompagné d'un sentiment de surprise, mais aussi de connu, puisqu'il a été surpris que la goupille soit posée sur le système d'interconnexion des sas, mais il a parallèlement renforcé le type selon lequel [Il peut arriver que les agents ne fassent pas exactement comme indiqué sur la fiche de lignage]. Il a « actualisé » et « revécu » partiellement certains éléments de cette expérience, au regard de ce qu'il voyait durant la formation.

Cette expérience de *reenactment* relie des temporalités différentes, puisqu'en voyant la goupille Sp se souvient de l'expérience passée, actualisée à travers l'expérience présente, tout en se projetant dans des expériences futures d'entrées et en se disant qu'il remettra la clé au coordinateur BR. Durant l'autoconfrontation, il a indiqué :

Chapitre 3 - Première Étude : Dispositif Vi²BR

« [...] Moi j'ai eu l'occasion comme j'ai été dans le bâtiment réacteur on a déséclusé un 6.60, j'avais la CA sous les yeux, je l'ai vue, peu de jours avant, et ça m'est revenu. » (Extrait AC, Sp, séance 1).

Il est intéressant de noter qu'il compare ce qu'il a vu en intervention avec ce qu'il voit en formation. Cette comparaison rend l'expérience de *reenactment* très différente de celle vécue puisqu'il y a seulement une partie de cette expérience qui devient significative, l'emplacement de la goupille.

III 4. IMAGES ET *REENACTMENT* EN FORMATION

Cette discussion intermédiaire s'intéresse au concept de *reenactment*. Dans un premier temps, nous discutons cette expérience au regard des autres travaux de la littérature et de la notion du temps qui en découle. Dans un second temps, nous rapprochons le *reenactment* de la notion d' « imagination productive⁸⁶ » (Durand, 2008; Theureau, 2009) telle que réinvestie à partir des travaux de Simondon (2008) sur la théorie du cycle de l'image et l'invention (2008) et telle que mobilisée par Leblanc (2014) à partir des travaux de pour étudier l'activité de navigation sur la plateforme Néopass@ction.

Comme indiqué dans les résultats, les photos sphériques de l'EV ont encouragé le *reenactment* d'expériences vécues des acteurs (formateurs et stagiaires) dans les lieux visualisés par les photos sphériques. Le *reenactment* renvoie à l'expérience consistant, sous l'effet de la visualisation des lieux authentiques de travail (dans notre cas), à « faire émerger » ou re-présentifier des expériences vécues. En visualisant certains lieux ou organes, les acteurs se sont souvenus, ont re-(s)enti, des expériences vécues dans le bâtiment réacteur réel dans le cadre de leur pratique professionnelle.

Cette expérience de *reenactment* est à l'origine de la mobilisation des anecdotes de travail par les formateurs. On distinguera ici les récits expérientiels des anecdotes de travail qui, comme indiqué précédemment, sont des récits expérientiels vécus par le narrateur lui-même. Le *reenactment* de l'expérience passée permet également une narration profondément incarnée des anecdotes de travail. Ceci a été observé pour les formateurs, mais également pour les stagiaires qui s'étaient déjà rendus dans le bâtiment réacteur réel pour réaliser des manœuvres. Il est important de faire ici une distinction claire entre les récits expérientiels racontés par les formateurs de manière « planifiée », essentiellement descriptifs (Sidnell, 2006), et les anecdotes de travail qui découlent d'une forme de *reenactment*. Le *reenactment* s'accompagne d'un réengagement de l'expérience passée dans un présent vivant, et ne se limite ni à une remémoration, ni à un récit, ni même au fait de revivre la situation passée. Lorsque les acteurs s'engagent ou sont engagés dans une expérience de *reenactment*, ils utilisent, dramatisent et revitalisent potentiellement des événements, des épisodes ou même des atmosphères du passé (Daugbjerg et al., 2014), tout en engageant pleinement le corps.

⁸⁶ Durand (2008) définit l'imagination productrice comme « l'invention de moyens d'action alternatifs par ouverture de nouveaux possibles et combinaisons innovantes, et l'appropriation des concepts et notions théoriques qui peuvent s'accompagner d'un gain d'autonomie et de lucidité » (p. 101).

Les reconstitutions sont des descriptions et des démonstrations d'événements passés (Tutt & Hindmarsh, 2011) dans lesquelles le passé et le présent coexistent grâce à une vivification du passé (Nichols, 2008). Comme le soulignent Daugbjerg et al. (2014) « the re-enacted past upholds a complex temporality: it is not entirely present or completely constructed in the here and now, but neither does it, obviously, allow access to an unmediated past » (p. 682). Le *reenactment* dessine ainsi les contours d'une histoire incarnée et doublement vivante : actée et présente. Il permet de tisser l'histoire collective dans les histoires individuelles en les engageant dans le temps présent. Ceci brouille les relations avec l'événement passé, puisque le passé re-enacté n'est pas le passé, mais n'est « pas pas le passé » pour autant (Schneider, 2011).

Pour Collingwood (1946), l'histoire se termine toujours au présent contenant la double temporalité du « passé présent » (Theureau, 2015). Cependant, en nous écartant de l'objet de recherche d'un historien qui porte sur l'interprétation du passé, et adoptant comme objet l'activité humaine, le « passé présent » de l'expérience de *reenactment* ne peut être vu que comme s'inscrivant dans la triple temporalité d'un « passé-présent-futur ». Dans l'exemple de F2, au moment où il visualise la cale antisismique et qu'il re-enacte une expérience passée (visualisation sur le terrain de cette même cale complètement arrachée), cette expérience passée est re-enactée dans une activité présente et transformée par l'expérience présente et juste à venir (dans un double mouvement de rétention et de protention). Au moment donc où il re-enacte cette expérience, F2 a un Engagement au présent (*Partager son expérience avec les stagiaires ; rendre les stagiaires sensibles au fait qu'il faut bien laisser un « jeu » lors de la fixation de la cale antisismique; raconter aux stagiaires cet événement qu'ils ne peuvent pas imaginer*) qui fait que cette expérience passée devient significative « ici et maintenant » (dans le présent), mais aussi qu'elle est transformée dans cet « ici et maintenant » (dans ce présent).

Par la suite, nous discutons l'expérience de *reenactment* au regard de la notion d'« imagination productive » (Durand, 2008; Theureau, 2009) telle que mobilisée par Leblanc (2014) pour étudier l'activité de navigation sur la plateforme Néopass@ction.

L'imagination, que l'on peut définir comme « le pouvoir de se représenter dans l'intuition un objet même en son absence » (Kant, 1781, p. 129) s'exprime, sous différentes formes, à travers des unités de cours d'expérience : a) soit « imaginées-rejouées » sur la base d'« image-souvenir » qui réactive la totalité d'un passé à partir d'un fragment de celui-ci, b) soit « imaginées-recomposées » sur la

base d'« images-perçues » de l'activité d'un pair qui fait écho, c) soit « imaginées-crées » sur la base d'« image-esquisse » qui anticipe sur l'activité en cours en informant la perception en amont de celle-ci. (Leblanc, 2012, p. 176)

Ainsi, le rôle des images peut être de permettre d'anticiper le futur à partir d'« images-esquisse », de percevoir à partir d'« images-ébauche » et de se souvenir d'éléments passés à partir d'« image-souvenir ». Ceci permet de mettre en lien les images de l'EV, le *reenactment* et la dimension imaginative de l'activité des stagiaires leur permettant de se projeter dans des situations futures de travail et aux formateurs de modifier leur activité *hic et nunc* en saisissant l'opportunité du potentiel pédagogique lié à ce *reenactment*.

Nos résultats indiquent que les images de l'EV visualisées par les acteurs font office d'« images-souvenirs » c'est-à-dire d'une amorce de *reenactment* d'une expérience vécue par le passé. Par exemple, J, en voyant un manomètre « image-souvenir » a re-enacté les expériences vécues comme AT dans une centrale à gaz. En effet, quand il rencontrait ce type de matériel en tant qu'AT, il savait qu'il y avait un seuil de tolérance avant d'informer l'opérateur d'un écart de pression observé. Il s'est donc projeté dans une potentielle situation de travail en imaginant la mesure qu'il devrait faire (Tableau 32). Lors de cette projection, le manomètre n'est pas uniquement une « image-souvenir », mais prend la fonction d'« image-esquisse » qui permet finalement une imagination dans une potentielle situation de travail « imaginée-crée ». Cet exemple illustre donc comment l'« image-souvenir » (manomètre) a encouragé le *reenactment* d'une expérience vécue et comment, en devenant une « image-esquisse », elle a favorisé une expérience imaginative « créée » (Leblanc, 2014b).

Dans un deuxième cas illustré par le *reenactment* du formateur, la dimension imaginative n'amène pas l'acteur à se projeter dans une situation future, mais à transformer son activité *hic et nunc*. En voyant la cale antisismique « image-souvenir », F2 a re-enacté son expérience vécue, actualisée au regard de son Engagement présent dans l'activité, à savoir celui de réaliser son cours en permettant aux stagiaires d'acquérir une culture d'AT. La dimension imaginative-inventive a été de considérer que cette expérience vécue pourrait avoir un potentiel pour permettre aux stagiaires de comprendre la force du phénomène de dilatation du circuit primaire. L'expérience de F2 à ce moment-là est « imaginée-recomposée » (Leblanc, 2014b).

Chapitre 3 - Première Étude : Dispositif Vi²BR

Ces deux illustrations permettent de rendre compte de la complexité du phénomène de *reenactment*, qui permet non seulement de faire « ré-émerger » une expérience vécue, mais en plus de l'actualiser au regard de l'Engagement présent dans une situation en transformant ce dernier, ou encore de permettre des projections dans des situations potentielles de travail.

Le *reenactment* d'expériences passées, rendu possible par l'EV, est intéressant pour réfléchir aux méthodes de l'Observatoire du programme de recherche du cours d'action et notamment les méthodes visant l'expression de la conscience préreflexive en mobilisant des outils comme ce type d'EV. Nous verrons que ce résultat a alimenté l'expérimentation d'une méthode de construction de données, la méthode de remise en situation à partir de traces artificielles, présentée à la troisième étude (chapitre 5).

III 5. AVANCÉES TECHNOLOGIQUES : PISTES DE RE-CONCEPTION DU DISPOSITIF VI²BR

Dans cette section sont présentées les différentes recommandations relatives à la (re)conception de la séance de formation dans la démarche itérative propre à cette étude. Certaines de ces pistes ont été mises en place dès les séances de formation qui ont suivi (Tableau 39).

Tableau 39. Récapitulatif des pistes de transformation proposées pour le dispositif Vi²BR.

Piste	Mise en place	Séance	Commentaires
Explication d'une procédure dans son intégralité	Oui	Séances 2-6	À partir de la séance 5, ce sont les binômes de stagiaires qui présentent la procédure dont ils ont préalablement discuté avec le formateur.
Capitalisation des lieux à montrer à partir d'une « bibliothèque » de photos	Oui	Séance 2-6	À partir de la séance 5, ce sont des stagiaires qui présentent les photos de la « bibliothèque » dont ils ont préalablement discuté avec le formateur.
Transformation de la séance vers un format adoptant le principe de classe inversée	Oui	Séance 5-6	Piste mise en place à la suite d'un changement organisationnel lié au départ à la retraite d'un des deux formateurs. Ce changement a été maintenu pour la séance 6 (ou deux formateurs étaient disponibles pour coanimer). Cependant cette transformation de la séance a nécessité un fort investissement de la part du formateur en amont de la séance de formation.
Restitutions théoriques animées avec l'EV	Oui	Uniquement pendant la séance 4	Contraintes qui ont empêché la mise en place durable de cette piste : accessibilité de l'ordinateur contenant les photos. Besoin pour le formateur
Intégrer l'EV dans d'autres cours du cursus	Non	Proposée avant la séance 3	Piste qui nécessite un investissement important de la part des formateurs pour identifier les formations dans lesquelles ils pourraient introduire l'EV et définir les « bibliothèques » avec les photos. L'accessibilité de l'ordinateur est aussi un frein important concernant une utilisation plus « spontanée » dans d'autres cours.

Pour les recommandations mises en place lors de la deuxième ou troisième séance, il a été possible d'analyser les transformations de l'activité des formateurs et stagiaires associées. Pour les pistes non concrétisées, une interprétation et une présentation des contraintes qui ont freiné cette transformation sont proposées. Le dispositif étudié dans le cadre de cette Étude 1 est le premier durant lequel l'EV a été utilisé. L'objectif de re-conception de notre démarche d'ergonomie des

situations de formation était double : (i) améliorer la séance de formation observée, mais également (ii), à partir des premiers résultats obtenus, concevoir d'autres séances de formation ad hoc, puis (iii) proposer des pistes d'amélioration de l'EV pour une utilisation à des fins de formation. Dans cette section sont présentées uniquement les pistes d'amélioration du dispositif Vi²BR. Les pistes de conception d'une nouvelle séance de formation sont présentées dans le chapitre suivant (section 1). Les pistes d'amélioration et re-conception de l'EV en lui-même pour qu'il soit plus pertinent pour un usage en formation (vers un « VVProPaideia ») sont regroupées au chapitre 6 (section 3), à partir des résultats obtenus des trois études.

Les pistes présentées sont le fruit d'une co-conception entre les formateurs et la chercheuse. Elles ont été proposées aux formateurs avec qui elles ont été travaillées, transformées, concrétisées pour répondre au mieux à leurs intentions formatives, aux contraintes techniques et organisationnelles, tout en étant cohérentes avec les premiers résultats obtenus concernant le cours d'expérience des stagiaires et avec ce qui avait été significatif, difficile, intéressant de leur point de vue.

Sont présentées ici cinq pistes de transformation du dispositif : (i) l'explication d'une procédure dans son intégralité, (ii) la capitalisation des lieux à montrer à partir d'une « bibliothèque » de photos, (iii) la transformation de la séance vers un format adoptant le principe de classe inversée, (iv) la réalisation par les stagiaires de restitutions théoriques animées avec l'EV, puis (v) l'intégration de l'EV dans d'autres cours du cursus.

III 5.1 Explication d'une procédure dans son intégralité

Les résultats indiquent que les formateurs ont majoritairement utilisé l'EV pour montrer des éléments matériels et l'agencement spatial du bâtiment réacteur, tracer des cheminements typiques et sûrs dans le bâtiment réacteur et expliquer des aspects fonctionnels du bâtiment réacteur. Comme précisé, ces utilisations ne sont pas exclusives les unes des autres et les chevauchements observés traduisent les multiples Préoccupations poursuivies simultanément par les formateurs. Une illustration de ce chevauchement réside dans le moment où les formateurs ont montré les armoires, endroit où se fait la mesure de la différence de pression et autres organes devant être manœuvrés pour l'ouverture du bâtiment réacteur. Dans le même temps, ils ont réalisé le cheminement entre les différents organes, en respectant l'ordre de réalisation des manœuvres et en expliquant le rôle de chacun de ces éléments et la façon de le manœuvrer. Ce moment a été très significatif pour les stagiaires qui l'ont tous commenté durant l'entretien d'autoconfrontation. Cette « simulation » de

la procédure dans l'EV leur a permis de se familiariser avec l'environnement du bâtiment réacteur, avec le cheminement, mais aussi avec les organes qu'ils devraient manœuvrer.

Aussi, nous avons proposé aux formateurs d'introduire la présentation de l'activité de suivi procédures dans leur intégralité, qui incluraient entre autres les organes qu'ils avaient de toute façon prévu de montrer durant la formation, mais aussi le cheminement entre ces organes. Cette piste a été adoptée avec enthousiasme par les formateurs et mise en place dès la deuxième séance de formation, car pour eux aussi la présentation de l'enchaînement des manœuvres d'une procédure permettait de mieux expliquer le rôle de certains organes (et surtout les relations entre plusieurs organes) et ceci en lien avec l'état de la tranche.

La présentation de la procédure permettait également d'aborder des connaissances et façons de collaborer avec d'autres professionnels comme, par exemple, quand les AT devront désécluser le bâtiment réacteur avec des agents du « Service Prévention des Risques ». Comme la présentation d'une procédure complète pouvait durer 15-20 minutes, il était préférable de ne pas dépasser la présentation de deux procédures par séance. Le choix des procédures à présenter a été fait en fonction de la typicité ou criticité de ces dernières. Durant la préparation de la deuxième séance de formation, les formateurs ont donc sélectionné six procédures leur semblant répondre à ces critères et permettant de présenter certains organes principaux d'après les objectifs pédagogiques du cahier des charges. L'avantage d'avoir plusieurs procédures était de pouvoir varier les procédures à présenter d'une séance à l'autre en fonction aussi des promotions de stagiaires. En effet, le planning d'arrêt de tranche de la centrale pouvait amener des stagiaires à entrer dans le bâtiment réacteur pendant le « premier weekend d'arrêt de tranche » pour faire le déclassement des zones rouges. Souvent, les stagiaires étaient sollicités à cette occasion pour entrer en binômes avec des AT habilités. Ainsi il se pouvait que tous les stagiaires d'une promotion soient déjà entrés dans le bâtiment réacteur avant la réalisation du module « zone contrôlée », ou seulement quelques-uns parce que leur tranche avait été en arrêt (mais qu'ils n'avaient pas participé au déclassement des zones rouges).

En lien avec l'intérêt de montrer des procédures, les résultats ont mis en lumière l'intérêt pour les stagiaires à visualiser l'endroit où se situent les accès (sas, monte-charge, escalier, accès aux casemates des générateurs de vapeur, etc.). Ce questionnement des stagiaires était légitime, vu la complexité architecturale du bâtiment et les risques d'exposition à la radioactivité. La vue en survol

a été très intéressante pour montrer les accès, mais aussi les principaux éléments du bâtiment réacteur de manière simplifiée (Figure 44). Cette modélisation permettait de rendre compte de l'organisation du bâtiment réacteur dans son ensemble, mais aussi de comprendre comment étaient liés différents organes et circuits dans le bâtiment réacteur.



Figure 44. Exemples de visualisation du bâtiment réacteur à partir de la vue en survol.

III 5.2 Capitalisation des lieux à montrer à partir d'une « bibliothèque » de photos

Les résultats ont mis en lumière (i) l'importance de la préparation de la séance de formation par les deux formateurs pour réaliser la formation avec fluidité, mais aussi (ii) la nécessité de repérer des organes et emplacements visibles sur des photos spécifiques (voire uniques, c'est-à-dire que l'élément en question était visible sur une seule parmi toutes les photos sphériques de l'EV). Il faut rappeler que l'EV contient 1023 photos sphériques qui sont représentées par des points rouges (e.g., Figure 45) et qui ont été prises en plusieurs jours durant des configurations diverses du bâtiment réacteur réel (e.g., avec la piscine sous eau ou bien vide). Ainsi, même pour des personnes qui savent où se trouvent les organes recherchés, il n'est pas toujours possible de savoir quelle photo représente l'organe dans la configuration souhaitée. Cette difficulté a parfois rendu la recherche chronophage, avec le sentiment d'être perdu et de ne pas parvenir à retrouver les photos visionnées lors de la préparation de la séance.

Ne trouvant pas le point de vue souhaité, certaines recherches ont même été abandonnées par les formateurs. Cela a été le cas quand ils ont voulu *montrer aux stagiaires le détecteur d'humidité des générateurs de vapeur*. F1 s'est dit à ce moment-là :

« Je pensais pouvoir retrouver le coffret, je ne suis pas bien, parce que ça m'embête, [...] en prépa on l'avait fait [...] on doit leur montrer un truc et on n'y arrive pas » (Extrait AC, F1, séance 1).

Ainsi malgré sa connaissance du terrain et le fait qu'il avait déjà visualisé la photo pendant la préparation de la séance, F1 n'a pas pu retrouver la photo. Il l'a cherchée pendant 8 minutes, et à l'issue de ces 8 minutes il a dû abandonner, car il a jugé qu'il ne pouvait pas accorder plus de temps à cette recherche durant une séance de formation considérée comme très dense.

Un autre exemple de recherche chronophage d'une photo spécifique pendant la séance de formation est celui d'un point de vue sur le pont de câbles, un passage qui amène sur la cuve depuis le bord de la piscine. Cette recherche a été réalisée lors de la deuxième séance de formation, durant laquelle les formateurs avaient déjà commencé à utiliser la fonctionnalité « bibliothèque » de l'EV qui sera présentée par la suite. Cependant, les formateurs avaient oublié d'enregistrer la photo pour montrer la deuxième vanne d'éventage de la cuve, F1 a donc décidé de rechercher la photo avec la deuxième vanne en temps réel pendant la séance.

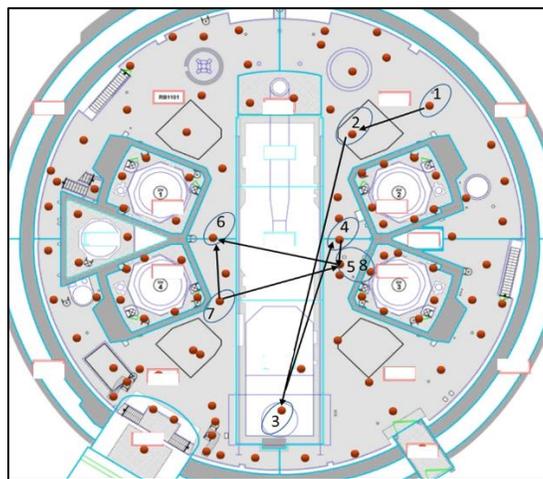


Figure 45. Représentation des différentes photos sur cet étage (points rouges). La numérotation de certaines photos représente les photos que le formateur a ouvertes avant de retrouver celle qu'il recherchait.

Il a utilisé le mode plan pour se rendre au niveau 22 mètres, car il savait que les photos montrant la piscine étaient prises à cet endroit [la vanne d'éventage de la cuve se trouve sur la cuve dans la piscine du bâtiment réacteur]. Il a commencé en passant d'une photo à l'autre en essayant d'en trouver une sur laquelle la piscine était vide, prise du bon côté pour que la vanne puisse être visible (Annexe 4). Ces multiples essais ont perturbé F1 et F2 qui ont ressenti cela comme « un moment

de flottement ». Pour F1, la difficulté venait du fait qu'il ne pouvait pas savoir laquelle des différentes photos autour de la piscine était celle où la vanne était visible, comme il l'a expliqué en autoconfrontation :

« Tu ne sais pas exactement sur quelle photo il faut cliquer pour aller voir. En plus deux photos qui sont relativement proches, tu n'as pas du tout la même vision du bâtiment réacteur, il n'est pas dans la même position. Tu vois, on était en piscine pleine sur la photo juste à côté et là on est en piscine vide, avec ce que je voulais montrer... » (Extrait AC, F1, séance 2).

Ainsi, même si le formateur savait exactement où se trouvait la vanne recherchée, il ne savait pas laquelle des 23 photos sphériques se trouvant à proximité de la vanne lui permettrait de la visualiser sous un bon angle et avec la piscine vide.

Pour pallier ce type de difficultés et ne pas avoir à rechercher des photos spécifiques durant la séance de formation, il est possible d'utiliser la fonctionnalité « bibliothèque ». Cette fonctionnalité, initialement prévue pour la préparation des travaux de maintenance, permet aux utilisateurs de faire des annotations sur les photographies sphériques du bâtiment réacteur (e.g., Figure 23, section 3.2 p. 82). Ils peuvent également enregistrer et extraire ces fichiers qui peuvent être ouverts sur d'autres postes informatiques sur lesquels l'EV n'avait pas besoin d'être installé. En utilisant cette fonctionnalité qui pouvait être « détournée » à l'usage des formateurs, il leur a été possible de sélectionner à l'avance les photos et de les annoter pour insister sur certains messages. Il a été aussi possible de donner (en format numérique ou imprimé) aux stagiaires des photos ou des enchaînements de photos des endroits visités et des éléments visualisés.

Cette capitalisation et organisation des photos à présenter permettait aussi de diminuer le temps de préparation de la séance puisque les photos sélectionnées restaient enregistrées dans le répertoire de la bibliothèque. Cette piste d'amélioration proposée à l'issue de l'analyse de la première séance a été adoptée par les formateurs qui ont créé cette base de données durant la séance de préparation de la deuxième séance de formation avec les photos et cheminements qu'ils souhaitaient montrer aux stagiaires. L'analyse du cours d'expérience de F1 durant les séances de formations qui ont suivi, a montré que non seulement cette fonctionnalité leur avait permis de ne pas perdre du temps à rechercher les photos durant la séance, mais qu'en plus elle avait permis de rythmer la formation et avait servi de fil conducteur. Comme F1 l'a précisé lors de l'autoconfrontation :

« J'avais numéroté toutes mes photos donc ça permet de se retrouver, ça permet de se repérer, de repasser sur le mode projet, ben de savoir où est-ce qu'on en était et de passer à la photo suivante, de préparer l'intervention qu'on va faire en plus. Tu n'as pas beaucoup de temps, deux ou trois secondes, mais ça suffit quoi pour faire la coupure » (Extrait AC, F1, séance 3).

III 5.3 Transformation de la séance vers un format adoptant le principe de classe inversée

Une autre piste de transformation de la séance a consisté à proposer aux stagiaires de préparer et animer la séance sous la forme d'une classe inversée⁸⁷ (Figure 46). Ainsi des binômes de stagiaires ont dû préparer et s'approprier en amont de la séance de formation la thématique qui leur était attribuée. Cette piste visait à encourager les stagiaires à utiliser l'EV pour réaliser la préparation, mais aussi à explorer de manière autonome l'EV.

Les résultats de l'analyse du cours d'expérience des stagiaires lors de la deuxième étude (Scénarios-enquête) présentés dans le chapitre 4, montrent que pendant une utilisation en autonomie de l'EV, les stagiaires en binôme cherchaient i) à visualiser des éléments dont ils avaient entendu parler, mais jamais pu visualiser, ii) à montrer des emplacements et organes typiques ou critiques qu'ils avaient vus durant les entrées dans le bâtiment réacteur réel, mais aussi iii) à répondre à des questions et doutes apparus lors des séances ou des immersions (e.g., sur l'emplacement d'un organe, ses dimensions, etc.). Cette découverte et la navigation dans le bâtiment réacteur virtuel par les stagiaires se traduisaient par des enquêtes abductives qui rendaient possible la construction de nouveaux types.

Ainsi la préparation de la séance par les stagiaires avec l'appui du formateur, mais aussi la présentation aux autres stagiaires, leur ont permis non seulement de se familiariser avec le bâtiment réacteur, avec le contenu à présenter, mais aussi avec l'EV.

Cette piste a cherché à répondre également à une contrainte organisationnelle liée au contexte des formations. Un des deux formateurs étant parti à la retraite avant la cinquième séance de formation,

⁸⁷ Classe inversée : la classe inversée est une « approche pédagogique pour laquelle la leçon est librement accessible sous format numérique ou littéral, à charge aux élèves de la travailler – phase d'acquisition – en mont, hors de la classe. Le temps de présence en classe, est mis à profit, quant à lui, pour des exercices applicatifs et des phases dialoguées explicatives d'une part entre élèves et d'autre part, entre élèves et professeur » (Faillet, 2014, p. 652).

il a fallu que le deuxième formateur anime tout seul la séance. Cette perspective nous a amenés à questionner l'organisation de cette séance puisque ce dernier ne pensait pas pouvoir animer la formation en utilisant l'EV tout seul. Ainsi les cinquièmes et sixièmes séances de formation ont été réalisées sous un format de classe inversée.



Figure 46. À gauche les stagiaires en train de présenter le schéma simplifié du circuit primaire et à droite en train de présenter les armoires pour la réalisation du déséclusage du SAS, lors de la cinquième séance réalisée en classe inversée.

III 5.4 Restitutions théoriques animées avec l'EV

Pendant leur cursus, les stagiaires en formation devaient réaliser des restitutions théoriques aux autres stagiaires sur des thématiques variées, relatives au contenu de leur formation. Il a été intéressant de permettre aux stagiaires de préparer la présentation de leur restitution en utilisant l'EV. Parmi les sujets qui ont pu faire l'objet d'une restitution par un stagiaire (ou un binôme) citons : (i) « Présentation du circuit FGH⁸⁸ », (ii) « Aspersion EKI⁸⁹ », (iii) « Présentation du circuit ABC⁹⁰ – injection de sécurité », (iv) « Présentation du circuit RRA⁹¹ », (v) « Présentation du circuit RCV⁹² ». La préparation de la restitution a été une opportunité pour les stagiaires (ou le binôme de stagiaires) d'utiliser l'EV pour préparer et/ou animer la présentation, pour la rendre plus proche du terrain, à défaut de ne pas pouvoir s'y rendre. Ici, la fonctionnalité bibliothèque a grandement facilité la préparation de la restitution, en donnant aux stagiaires les moyens de préparer un dossier de photos à montrer pendant la séance.

⁸⁸ FGH : système en charge du refroidissement des circuits en interface avec le circuit primaire

⁸⁹ EKI : système chargé de contrôler la pression dans le bâtiment réacteur en cas d'accident

⁹⁰ ABC : système chargé de remplir le primaire d'eau en cas de fuite sur des tuyauteries du circuit

⁹¹ RRA : système en charge du refroidissement du réacteur lors des phases d'arrêt et de redémarrage de la tranche

⁹² RCV : système en charge de l'injection de composants chimiques et du contrôle de la quantité d'eau dans le circuit primaire

Cette piste a été proposée à l'issue de la troisième séance de formation et a été mise en place durant la quatrième séance de formation qui n'a pas été observée, mais a été filmée par le formateur. La mise en place de cette piste a également favorisé l'acceptation par les formateurs de réaliser le cours sous la forme de classe inversée durant la cinquième séance de formation.

III 5.5 Intégrer l'EV dans d'autres cours du cursus

Il est intéressant de remarquer que le cours « Configuration BR⁹³ » a été transformé de manière continue. Ces transformations ont permis d'utiliser l'EV de la manière la plus opportune. Le choix d'utiliser l'EV durant cette séance de formation en particulier a été fait par les formateurs, car le contenu abordé portait sur des éléments se trouvant dans le bâtiment réacteur. Cependant durant toute la partie du module « zone contrôlée », il pourrait être pertinent de l'utiliser afin d'illustrer de manière concrète des éléments que les formateurs souhaitaient expliquer aux stagiaires. Ainsi, au lieu d'y consacrer une demi-journée dans une formation considérée comme très dense, son utilisation pourrait se faire de manière plus régulière. L'EV pourrait être utilisé également durant les cours portant sur le combustible (J2 du cursus), les joints des pompes primaires (J6 du cursus) ou encore pour la présentation des manipulations des connectiques des internes supérieurs (J4 du cursus), de manière plus ponctuelle que durant le dispositif Vi²BR. Cette piste n'a pas été mise en place à cause des contraintes liées à l'accessibilité de l'EV, nécessitant un ordinateur spécifique sur lequel est enregistré le logiciel de l'EV avec l'ensemble des photos sphériques.

⁹³ Voir également section 1 du présent chapitre.

SYNTHÈSE DE LA PREMIÈRE ÉTUDE (VI²BR)

La première étude porte sur l'analyse du cours d'expérience des formateurs et des stagiaires lors du dispositif Vi²BR, un cours en salle durant lequel les formateurs ont utilisé l'EV de visualisation du bâtiment réacteur. La démarche adoptée, qualifiée d'ergonomie des situations de formation, comprend plusieurs boucles itératives (analyse de l'activité – proposition et mise en place de pistes d'amélioration de la situation analysée – analyse de l'activité des acteurs dans la nouvelle situation de formation). Cette démarche a été conduite en collaboration étroite avec les formateurs du centre de formation qui ont participé aux phases d'analyse et de conception. L'analyse du cours d'expérience des acteurs a été réalisée à partir (i) de données d'observations filmées, (ii) d'autoconfrontations, et (iii) d'autoconfrontations de second niveau. L'analyse des données a consisté en l'identification de la construction globale en structures significatives de l'intégralité de l'activité des formateurs, complétée d'analyses locales en signes hexadiques lors de certains épisodes typiques, tant du point de vue des formateurs et des stagiaires.

Les résultats témoignent de l'appropriation du dispositif par les formateurs qui ont réadapté les visées pédagogiques au fur et à mesure de leur compréhension des caractéristiques de l'EV. Initialement, les attendus de l'EV étaient surtout vus au regard de la dimension spatiale des lieux et des équipements ; or son utilisation a donné lieu à des visées de formation plus larges, telles que des explications sur le fonctionnement des systèmes de l'installation ainsi que le partage de leurs propres expériences au travers d'anecdotes de travail.

L'analyse du cours d'expérience des stagiaires a quant à elle permis de préciser la nature des types construits/renforcés/invalidés par les stagiaires durant la séance, ainsi que la manière dont ces types symboliques et non-symboliques, sont intégrés dans la « culture propre » des stagiaires et participent au développement d'une culture d'AT potentiellement consensuelle et partagée. Les résultats mettent également au jour l'expérience « projective » des stagiaires durant la situation de formation. Celle-ci est encouragée par (i) la visualisation des photos sphériques de l'EV, et/ou (ii) les récits expérientiels des formateurs, et/ou (iii) le débat durant la situation de formation. Pour finir, les résultats ont révélé plusieurs épisodes de *reenactment* d'expériences vécues dans le cours d'expérience des formateurs et de certains stagiaires (étant déjà rentrés dans le BR) et permis d'assimiler ces épisodes de *reenactment* à des offres (affordances) de l'EV.

Une discussion intermédiaire des résultats empiriques compare l'expérience de *reenactment* au regard de la notion d'imagination productrice (Leblanc, 2014b; Simondon, 2008; Theureau, 2009), ce qui conduit à spécifier le rôle des images (« images-souvenirs », « images-perçues », « images-esquisses ») de l'EV lors de cette expérience.

D'un point de vue technologique, le dispositif Vi²BR a évolué de manière incrémentale avec chaque promotion de stagiaires. Les transformations apportées au dispositif concernent aussi bien (i) la présentation de procédures, (ii) la construction d'une « bibliothèque » rassemblant les photos sphériques utiles et utilisables durant la séance, que (iii) la transformation de la formation en un format de « classe inversée » afin d'encourager l'utilisation de l'EV par les stagiaires. Cette première étude a donné lieu à l'identification de pistes de co-conception d'un nouveau dispositif, celui des Scénario-enquête présenté dans le chapitre 4, conçu dans son intégralité dans le cadre de notre recherche.

CHAPITRE IV

DEUXIÈME ÉTUDE :

DISPOSITIF SCENARIO-ENQUETE

Ce chapitre vise à faire état de la deuxième étude empirique constituant cette recherche. Cette deuxième étude porte sur le cours d'expérience des stagiaires lors du dispositif Scénario-enquête, ainsi que sur le cours d'expérience du formateur lors de la co-conception et de l'animation de ce dispositif. Le chapitre est constitué de cinq sections et clôturé par une synthèse.

- La section 1 présente les principes de conception du dispositif Scénario-enquête.
- La section 2 détaille l'atelier méthodologique de cette étude.
- La section 3 présente les résultats empiriques.
- La section 4 présente une discussion sur les abductions et la dynamique d'apprentissage/développement.
- La section 5 présente les avancées technologiques.
- Synthèse du chapitre.

IV 1. GENÈSE ET PRINCIPES DE CONCEPTION DU DISPOSITIF SCENARIO-ENQUETE

Cette section présente la genèse du dispositif Scénario-enquête et la démarche de recherche adoptée, à savoir une démarche d'ergonomie des situations de formation (Guérin, 2012; Horcik & Durand, 2011; Zeitler, 2011)⁹⁴. Dans un premier temps, nous présentons la manière dont nous avons adapté la démarche d'ergonomie des situations de formation pour cette étude, suivi des principes de conception du dispositif Scénario-enquête pour en faire une « situation prometteuse » en environnement naturel de formation (Leblanc, 2012).

Le dispositif Scénario-enquête consiste en une enquête réalisée par les stagiaires en binômes utilisant l'EV représentant l'environnement authentique de travail, ainsi que d'autres ressources (documentation, maquettes physiques, etc.). Il est constitué de trois étapes (i) la navigation libre dans l'EV, (ii) la réalisation de l'enquête à partir d'une navigation guidée dans l'EV et un travail sur des maquettes physiques, et (iii) un débriefing permettant la restitution de l'enquête par les stagiaires ainsi qu'un retour sur le dispositif. La réalisation de l'enquête nécessite une navigation dans l'EV afin de retrouver le matériel demandé, répondre à des questions techniques, et reproduire un cheminement.

Cette étude compte quatre boucles itératives d'analyse et de co-conception (Figure 47). Trois générations du dispositif (marquées par des inflexions majeures en matière de conception et d'activité encouragée) peuvent être distinguées a posteriori. La première génération visait la découverte de certains points d'intérêt sur un cheminement donné à partir d'une remobilisation des types construits lors des séances précédentes ou des temps de travail en équipe de Conduite. Un exemple de question était « Que trouve-t-on sur un point ALARA ». Cette scénarisation encourageait des inférences déductives de la part des stagiaires, dans la mesure où il suffisait de se rendre sur un point ALARA et de rechercher des indices (à la manière d'une enquête policière) afin de répondre en s'appuyant sur ce qui était visible sur la photo (e.g., un téléphone, des instruments de mesures de la radioactivité, des plans, etc.).

⁹⁴ La démarche d'ergonomie des situations de formation est présentée dans le chapitre 1, section 2.

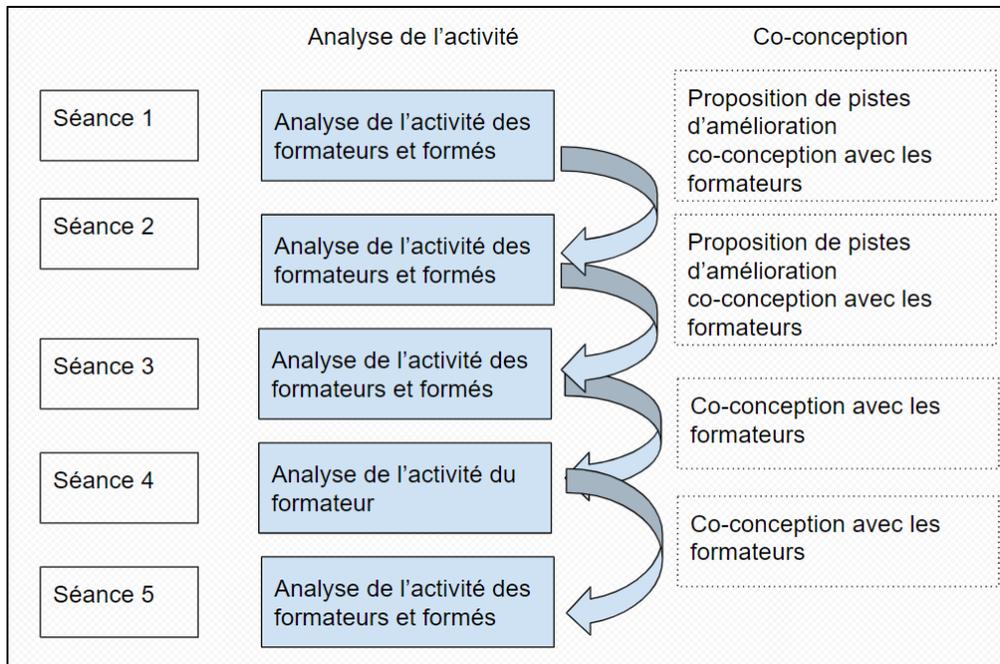


Figure 47. Représentation de la démarche itérative d'analyse du cours d'expérience et de (re)conception du dispositif Scénario-enquête.

La deuxième génération était construite autour d'une adaptation de fiches de manœuvres que les AT ont à réaliser lors de leurs interventions dans le bâtiment réacteur. La scénarisation visait, au-delà de la visualisation des lieux dans l'EV et de la convocation de savoirs théoriques préalablement acquis, à faire émerger des enquêtes encourageant/nécessitant la formulation d'hypothèses de la part des stagiaires en s'appuyant sur des types (ou sur la mise en relation de types) déjà construits.

La troisième génération a été inspirée d'un épisode marquant vécu par le formateur lorsqu'il était AT et au cours duquel celui-ci a dû réaliser deux entrées successives dans le bâtiment réacteur en fonctionnement afin de solutionner une fuite sur un robinet. Cette scénarisation visait à favoriser la projection des stagiaires dans des situations de travail qui, bien que sortant de l'ordinaire, font partie intégrante du métier d'un AT.

Contrairement à l'étude présentée précédemment, le dispositif Scénario-enquête ne préexistait pas à cette recherche, mais a été co-conçu par un « groupe de conception » qui comprenait les chercheurs et le formateur. Il a été conçu à partir (i) de principes de conception de dispositifs de formation éprouvés et ayant déjà montré leur fécondité en termes d'apprentissage/développement à partir de la littérature scientifique et (ii) des abductions des chercheurs et concepteurs sur la base

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

des résultats de l'analyse du cours d'expérience des formateurs et stagiaires lors de l'étude précédente.

Le premier principe visait la conception d'un dispositif encourageant des enquêtes et est d'inspiration pragmatiste (Dewey, 1993; Peirce, 1931-1958). Muller et Borer (2017) synthétisent les trois étapes d'une enquête en s'appuyant sur les travaux de Dewey comme suit :

Premier moment, la situation – autre nom pour l'interaction de l'organisme et de son environnement – est *indéterminée*, c'est-à-dire trouble, incertaine, opaque. Second moment, ce qui pose problème, ce qui fait le déséquilibre est identifié : on est alors dans une situation *problématique*. Troisième moment, une solution est trouvée au problème et, par-là, la situation (re)devient *déterminée*. Mais l'équilibre retrouvé n'est pas tout à fait le même que celui « de départ » : à travers l'enquête, et parce qu'ils sont ontologiquement solidaires, organisme et environnement se sont mutuellement transformés (Muller & Borer, 2017, p. 2).

Ainsi le dispositif visait à encourager les stagiaires à naviguer dans l'EV pour retrouver à la manière d'une enquête policière des éléments considérés comme « pertinents »⁹⁵. La confrontation avec des situations inattendues, l'émergence de doutes et de questionnements et la visualisation de lieux qu'ils ne connaissaient pas, permettraient aux stagiaires de construire/renforcer/invalider des types. La conception visait également à encourager le partage et l'échange entre les stagiaires pendant la réalisation du dispositif, en s'appuyant sur la notion d'enquête inter-objective (Muller & Borer, 2017; Zask, 2004) selon laquelle l'enquête « concerne la possibilité de provoquer des points de rencontre et de coopération entre des personnes appartenant à des groupes humains, sociaux ou culturels, différents, l'inter-objectivation pourra apparaître comme un concept conjointement épistémologique et politique » (Zask, 2004, p. 1).

Un deuxième principe de conception était de proposer aux stagiaires une sorte d'« objet-frontière » (Akkerman & Bakker, 2011; Star, 1989; Tuomi-Gröhn & Engeström, 2003) entre les situations de formation et les situations de travail. Ainsi cherchant à rapprocher cette situation de formation des

⁹⁵ Ces éléments dits « pertinents » peuvent être des connaissances techniques indispensables à l'AT, pour pouvoir donner une signification au processus et au fonctionnement de la centrale, mais aussi les manières de réaliser le travail, *dispositions à agir* sur le terrain, les savoirs et règles partagées socialement par l'ensemble des agents de la Conduite, mais aussi « le travail réel », la façon dont les choses se passent, le côté concret et pratique de leur travail.

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

situations de travail réelles, la scénarisation et le choix des éléments à rechercher (décrits comme éléments pertinents précédemment) se sont porté sur des organes que les stagiaires auront à retrouver et manipuler une fois qu'ils seront des AT habilités, sur des stratégies de recherche qu'ils devront employer, dans le but de favoriser l'acquisition de dispositions à agir de travail collectif et développer une culture d'action d'AT.

Enfin, la conception s'est appuyée également sur les résultats empiriques de la première étude, sur l'*affordance* au *reenactment* proposé par l'EV aux acteurs, et sur l'expérience projective des stagiaires lors de la visualisation des lieux et du débat autour de potentielles interventions (voir section 3 du chapitre 3).

IV 2. OBSERVATOIRE ET ATELIER SPÉCIFIQUE A L'ÉTUDE 2

Cette section précise l'instanciation de l'atelier méthodologique mis en œuvre dans cette deuxième étude. Elle présente (i) les participants à l'étude, (ii) le déroulement du dispositif, (iii) les méthodes de construction de données et (iv) les méthodes de traitement des données.

IV 2.1 Participants à l'étude

Treize participants (un formateur et douze stagiaires) ont participé à la deuxième étude. Comme pour l'Étude 1, plusieurs stagiaires étaient en reconversion professionnelle (N=7/12). Trois participants étaient nouveaux collaborateurs (premier poste). Deux de ces nouveaux collaborateurs avaient réalisé un parcours d'alternance dans une équipe de Conduite en amont du cursus de formation d'AT (1 année). Le Tableau 40 présente le nombre de stagiaires de chaque séance et leur expérience professionnelle. Le formateur-concepteur participant à cette étude est un AT expert (N=19 ans) qualifié d'« Agent Haute Maîtrise Terrain (HMT) » et détaché du Service Conduite et de son équipe de quart pour animer des formations (N=3 ans).

Tableau 40. Ensemble des participants stagiaires de l'Étude 2.

Participant	Séance, groupe	Expérience professionnelle	Expérience professionnelle
Fc	Séance 1, GrA	Reconversion professionnelle	20 ans
Ed	Séance 1, GrA	Alternance 1 an avant le début de la formation	1 an
L	Séance 1, GrB	Reconversion professionnelle depuis une centrale thermique	5 ans
Vn	Séance 1, GrB	Reconversion professionnelle depuis une centrale thermique	4 ans
Sl	Séance 2, GrA	Reconversion professionnelle depuis une centrale à gaz	8 ans
Ec	Séance 2, GrB	Premier poste	-
Q	Séance 3, GrA	Reconversion professionnelle depuis une centrale hydraulique	8 ans
VI	Séance 3, GrA	Alternance 1 an avant le début de la formation	1 an
D	Séance 3, GrB	Premier poste	-
M	Séance 5, GrA	Reconversion professionnelle depuis un autre métier du nucléaire	3 ans
T	Séance 5, GrB	Reconversion professionnelle depuis une centrale hydraulique	4 ans
Rn	Séance 5, GrB	Premier poste	-

IV 2.2 Déroulement du dispositif

La scénarisation pédagogique du dispositif a évolué durant les différentes séances et il est possible de distinguer trois générations distinctes. Le Tableau 41 recense les caractéristiques de chacune des trois générations du dispositif. Chaque séance peut être décomposée en trois phases dont le contenu, la nature des exercices proposés, la durée varient. Ces phases sont (i) la navigation libre, (ii) la réalisation des consignes et de la navigation scénarisée et (iii) le débriefing. Avant de présenter le déroulement du dispositif, voici quelques précisions concernant les termes utilisés :

- **Scénario-enquête** : Nom du dispositif qui a été conçu et analysé.
- **Consignes (ou consigne-papier) de la navigation scénarisée** : Support papier distribué aux stagiaires et qui décrit les consignes de la manœuvre à réaliser et les questions auxquelles doivent répondre les stagiaires (Figure 48).
- **Navigation scénarisée** : navigation dans l'EV scénarisée à partir de la consigne-papier.
- **Navigation libre** : navigation dans l'EV dans que les stagiaires aient connaissance des consignes.
- **Scénarisation pédagogique du dispositif** : scénarisation de l'ensemble des éléments du dispositif (temps de réalisation de l'enquête, scénarisation des consignes, ressources utilisées, etc.). La scénarisation pédagogique du dispositif comprend l'articulation de la navigation scénarisée avec l'EV et les autres temps de la séance (e.g., débriefing, travail sur des maquettes physiques réelles, temps de navigation libre).

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

AK Conduite 18	Groupe A
Scénario- enquête	
Pour accomplir votre scénario- enquête veuillez réaliser les étapes en répondant aux questions ou en faisant les captures demandées en utilisant le logiciel VVProPrepa.	
Vous devez vidanger les boucles en U du RCP en manœuvrant 1 RCP 417 VP et son robinet associé.	
<p>1 : Pour accéder à 1RCP417VP quel SAS empruntez-vous et pourquoi ?</p>	<p>SAS à 6.6m car local RBO701 est au même niveau.</p>
<p>2 : Faites une capture de l'ascenseur de l'étage.</p>	
<p>3 : Avez-vous le droit de prendre cet ascenseur ? Pourquoi ?</p>	<p>Oui car pas d'interdiction sur le panneau</p>
<p>4 : Quelle vanne se trouve à côté de la vanne 1RCP417VP ? <input type="text" value="RCP417VP"/> Dans quel local ? <input type="text" value="RBO701"/></p>	
<p>5 : Faire une capture de 1RCP417VP et du robinet associé.</p>	
<p>6 : Comment précédez-vous pour manœuvrer 1RCP417VP ?</p>	<p>appel CDC pour lever le régime si possible sur les 2 vannes</p>
<p>7 : Pourquoi 1RCP 417 VP est consignée ?</p>	<p>pour éviter de manœuvrer cette vanne de vidange de boucle en U (brèche 2e barrière)</p>
<p>8 : Que retrouvons nous sur un point ALARA ? (minima 3 éléments)</p> <ul style="list-style-type: none"> - débit de dose - date de validité (rapport SPR) - éclairage - plan des locaux 	
<p>9 : Faites une capture d'un ou plusieurs points ALARA avec les éléments énumérés précédemment.</p>	
<p>10 : Faites une capture des vannes suivantes: 1RIS 781 VB et 1APG 012 VL</p>	
<p>11 : Dans quels locaux se trouvent ces robinets <input type="text" value="R01003"/> <input type="text" value="R0703"/></p>	
<p>12 : De quel type est le robinet 1RIS 781 VB et quelle son utilisation ?</p>	<p>vanne Kerofest dans le DR pour les circuits éventage et gaz passant dans l'ens</p>
<p>13 : De quel type est le robinet 1APG 012 VL et quelle est sa position de sécurité par manque de fluide de commande ? <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> NF</p>	
<p>14 : Justifiez votre réponse :</p>	<p>admission d'air par le bas donc 0 par fluide de commande</p>
<p>15 : Dans quel local se trouve le robinet 1RAZ 022 VZ : <input type="text" value="R00603"/></p>	
<p>16 : De quel type est ce robinet et comment réglez-vous une pression d'utilisation de 1.5 Bar ?</p>	<p>détendeur pilote, réglage de la pression en statique avec le détendeur</p>
<p>17 : Montrez à l'aide du logiciel le cheminement que vous avez emprunté depuis le début de l'enquête pour accéder à ces vannes.</p>	<p>↳ Départ SAS6.60m.....Arrivée SAS 6.60m (escaliers et échelles autorisés/ascenseur interdit)</p>

Figure 48. Exemple de consignes papier utilisées durant le dispositif, séance 2.

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

Tableau 41. Récapitulatif des différentes étapes de chacune des trois générations du dispositif Scénario-enquête.

		1 ^{ère} Génération		2 ^{ème} Génération	3 ^{ème} Génération		
		Cheminement dans le bâtiment réacteur à partir de points d'intérêt		Manœuvres que les AT devront réaliser dans le bâtiment réacteur	Vécu du formateur de deux entrées dans le bâtiment réacteur en fonctionnement		
Scénarisation des consignes		Séance 1	Séance 2	Séance 3	Séance 4	Séance 5	Séance 6
Phase 1 : Navigation libre	Présentation de l'EV	10 min	10 min ⁹⁶	10 min	10 min	10 min	10 min
	Navigation libre	-	-	20 min	30 min	30 min	30 min
Phase 2 : Réalisation des consignes	Briefing	-	-	20 min (individuel)	10 min (collectif)	10 min (collectif)	10 min (collectif)
	Navigation scénarisée	60 min	75 min	90 min	70 min	80 min	60 min
	Manœuvre sur les maquettes	-	-	20 min	15 min	15 min	20 min
Phase 3 : Débriefing	Restitution par les stagiaires	45 min pour la restitution de 6 groupes	30 min pour la restitution de 3 groupes	45 min pour la restitution de 3 groupes	30 min pour la restitution de 2 groupes	30 min pour la restitution de 2 groupes	30 min pour la restitution de 2 groupes
	Récit de F3	-	-	-	10 min	10 min	10 min
	Retours stagiaires	-	30 min	30 min	15 min	10 min	10 min
Jours de formation		1 demi-journée	2 demi-journées	2 demi-journées	2 demi-journées	2 demi-journées	2 demi-journées
Nombre de stagiaires		12	12	6	10	9	8

⁹⁶ Les durées mentionnées sont la moyenne entre les deux séances quand le dispositif s'est réalisé en deux demi-journées.

IV 2.2.1 Navigation libre

La première phase du dispositif consiste à accompagner les stagiaires dans la découverte et la familiarisation avec l'EV et ses différentes fonctionnalités. Lors des séances 1 et 2, cette étape a consisté en une présentation simplifiée de 10 minutes des principales fonctionnalités par les animateurs⁹⁷. À partir de la troisième séance, cette étape de découverte a été complétée par un deuxième temps. Celui-ci prenait la forme d'une navigation libre des stagiaires dans l'EV d'une durée de 20 à 30 minutes en fonction des séances. Lors cette navigation libre les stagiaires étaient encouragés à explorer et à tester les différentes fonctionnalités et vues⁹⁸ proposées par l'EV.

IV 2.2.2 Réalisation des consignes et de la navigation scénarisée

La deuxième phase du dispositif consiste en la réalisation de la manœuvre proposée par la fiche « consignes ». Cette deuxième phase a évolué au cours des différentes générations du dispositif. Nous présentons ici les transformations des consignes et des ressources qui ont accompagné l'utilisation de l'EV, puis les changements d'ordre organisationnel.

Transformation des consignes des trois générations du dispositif

Les consignes servent de fil rouge pour la navigation scénarisée dans l'EV. Comme indiqué dans le Tableau 41, lors de la 1^{ère} génération cette phase était composée uniquement par la réalisation de la navigation scénarisée (utilisation de l'EV) par les stagiaires. Concernant les consignes on peut dire que : (i) les consignes de la 1^{ère} génération visaient la réalisation d'un cheminement dans le bâtiment réacteur à partir de points d'intérêt,⁹⁹ (ii) celles de la 2^{ème} génération étaient des adaptations de fiches de manœuvres typiques et critiques que les AT devront réaliser dans le bâtiment réacteur, enfin (iii) les consignes de la troisième étaient inspirées d'un incident vécu par le formateur quand il était AT et qui a dû faire deux entrées consécutives dans le bâtiment réacteur en fonctionnement. À partir de la deuxième génération, deux sous-étapes ont été ajoutées : un bref briefing¹⁰⁰ qui était inspiré des briefings collectifs que réalisent les AT en situation de travail, et un

⁹⁷ Le terme « animateurs » est utilisé pour désigner le formateur et la chercheuse qui ont co-animé les séances du dispositif.

⁹⁸ Les fonctionnalités de l'EV sont décrites à la section 4 chapitre 1.

⁹⁹ Points d'intérêt : des organes ou lieux identifiés par le formateur comme pertinents pour être abordés en formation (e.g., Martínez-Graña et al., 2014)

¹⁰⁰ Les notions de « briefing » et « débriefing » sont choisies, car correspondent aux termes utilisés par les AT quand ils préparent et restituent les différentes interventions du quart au sein de l'équipe de Conduite.

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

travail sur des maquettes de robinets physiques. Ce briefing a été réalisé de manière individuelle avec chaque stagiaire dans le cadre des séances de la 2^{ème} génération, et de manière collective pour les autres générations. Pendant ce moment de briefing, le formateur a conseillé aux stagiaires de prendre connaissance de la documentation à renseigner pour le débriefing et la restitution des manœuvres aux autres stagiaires. Lors des séances de 3^{ème} génération, la dimension collective du briefing était constitutive de la scénarisation dans la mesure où les manœuvres à réaliser par les différents binômes étaient en interrelation.

Ressources complémentaires dans le dispositif

Des ressources additionnelles ont complété l'utilisation de l'EV durant chaque séance : (i) des maquettes des robinets réels se trouvant dans l'« espace maquettes », (ii) les documents opératoires réels concernant les manœuvres, et (iii) les logiciels utilisés par les AT (e.g., logiciel permettant par exemple de retrouver des schémas mécaniques¹⁰¹).

Le recours aux maquettes des robinets fait suite à l'analyse du cours d'expérience des stagiaires lors des deux premières séances a mis en lumière leurs doutes et leurs difficultés concernant la manipulation de certains robinets. Ces observations ont été concomitantes avec la mise en fonctionnement de l'« espace maquettes » de la centrale. Ce bâtiment contient des robinets et autres matériels qui ne sont pas connectés aux circuits de l'installation afin de permettre aux agents d'apprendre ou de s'entraîner sans conséquences ni pour leur sécurité, ni sur l'installation. Il a donc été décidé avec les formateurs d'introduire, à la suite de la recherche dans l'EV de l'emplacement des robinets demandés dans la fiche manœuvre, la réalisation concrète par les stagiaires des manœuvres sur les robinets physiques dans « l'espace maquette » attendant.

Les documents opératoires qui se trouvent normalement dans la salle de commande et que les AT utilisent pour trouver des informations relatives aux manœuvres à réaliser ont progressivement été intégrés dans la scénarisation pédagogique du dispositif (e.g., Annexe 5). Ces documents ont été introduits avec le changement des consignes et le passage « des points d'intérêts » à la « réalisation de manœuvres d'exploitation ». Aussi, les stagiaires étaient libres de consulter ou pas cette documentation durant la réalisation de leur enquête.

¹⁰¹ Schéma mécanique : un schéma mécanique représente la façon dont les organes sont positionnés sur le circuit les uns par rapport aux autres.

Enfin, un poste informatique en libre accès a été disposé dans la salle de formation afin de permettre aux stagiaires d'accéder aux différents logiciels et outils à disposition sur le terrain et qui pouvaient leur être utiles pour la réalisation de l'enquête, par exemple les schémas mécaniques des différents circuits. Ce poste informatique a été introduit dès la troisième séance.

Changements organisationnels (durée et nombre de stagiaires)

La nécessité de disposer de plus de temps a été identifiée dès la première séance, qui a duré une demi-journée pour l'ensemble des douze stagiaires. Pour les séances suivantes, deux demi-journées ont été dédiées au dispositif tout en répartissant les stagiaires en deux groupes afin qu'ils aient plus de temps pour naviguer dans l'EV. Lors de la première demi-journée, le premier demi-groupe était sur le dispositif Scénario-enquête pendant que le second demi-groupe réalisait une visite sur le terrain avec un second formateur. Si un arrêt de tranche était en cours et le permettait, alors cette visite était réalisée dans le bâtiment réacteur. Dans le cas contraire, cette visite était réalisée dans un autre bâtiment des « zones contrôlées ». Lors de la deuxième demi-journée, les deux demi-groupes alternaient. Pour distinguer ces deux séances en demi-groupes, nous indiquerons dans la suite du document « GrA » et « GrB ».

IV 2.2.3 Débriefing

Le débriefing est divisé en plusieurs temps dont l'objectif premier est la restitution par les différents binômes de leur enquête. Chaque binôme doit rendre visibles aux autres stagiaires les robinets à retrouver et le cheminement qu'ils ont suivi. Durant cette restitution, il leur est demandé de préciser les difficultés qu'ils ont rencontrées durant la réalisation de l'enquête ou d'expliquer les particularités des organes qu'ils avaient à retrouver. Dès la deuxième séance¹⁰², il a été demandé à l'issue de cette restitution collective des différentes enquêtes, de décrire « à chaud » ce qu'ils avaient pensé du dispositif et de partager leurs idées d'améliorations. Durant cette phase pour les séances de la 3^{ème} génération, le formateur a dévoilé et décrit aux stagiaires comment il a vécu l'intervention qu'ils venaient de réaliser.

¹⁰² Durant la première séance, faute de temps, le débriefing a consisté uniquement en la restitution des enquêtes des différents binômes.

IV 2.3 Méthodes de construction de données

La construction de données durant les séances de formation a été réalisée à partir de l'observation du comportement des acteurs qui a été filmé, une prise de notes pendant l'observation, des entretiens d'autoconfrontation et de remise en situation.

IV 2.3.1 Observation filmée et prise de notes

Sept séances ont été observées, et ont fait l'objet d'observations filmées et de prise de notes pour une durée totale de 22 heures (Tableau 42). Le dispositif d'enregistrement audiovisuel a évolué au fil du recueil afin d'être le plus riche et le plus exhaustif possible, tout en prenant en compte les contraintes de la situation. La construction progressive d'une relation de confiance avec les participants a contribué à permettre l'extension progressive du dispositif d'enregistrement. Les deux premières séances ont été enregistrées à l'aide d'une caméra se trouvant derrière un binôme de stagiaires. À partir de la troisième séance, deux caméras ont été utilisées par binôme en plus d'une capture d'écran de l'EV (e.g., Figure 49 et Figure 50). La première caméra était positionnée derrière les stagiaires entre eux et face à l'écran de l'EV tandis que la deuxième caméra était placée en face d'eux afin d'avoir accès à certains gestes et expressions faciales.

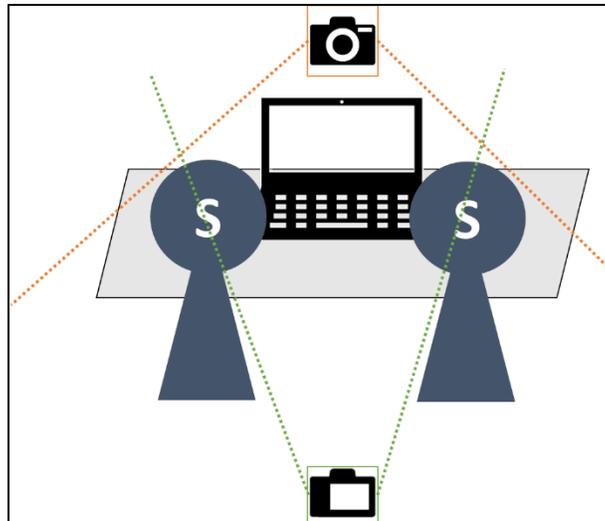


Figure 49. Représentation du positionnement des caméras pour le dispositif Scénario-enquête.

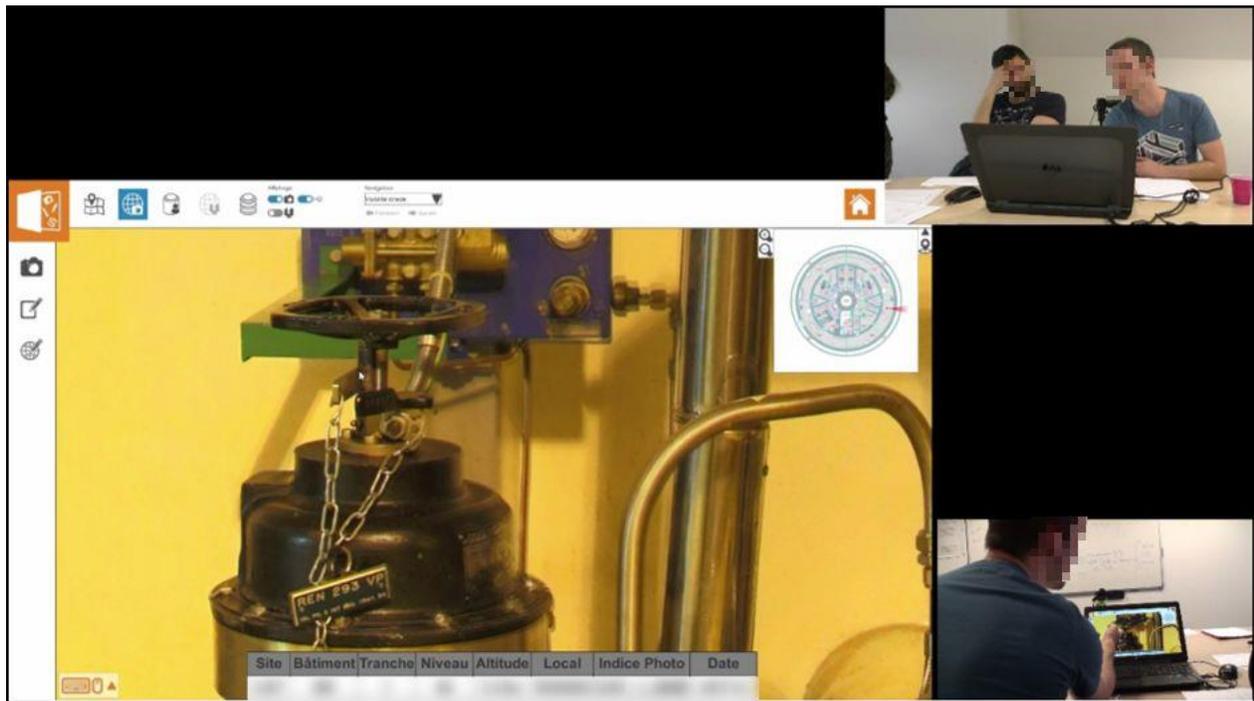


Figure 50. Montage des trois enregistrements réalisés avec les deux caméras et la capture d'écran.

Comme indiqué dans le chapitre 2, ces enregistrements étaient réalisés avec le double objectif (i) de constituer des matériaux pour l'analyse du cours d'expérience des acteurs, et (ii) de constituer des supports pour les autoconfrontations. Le Tableau 42 résume la durée de chacune des observations, ainsi que le nombre de caméras utilisées.

Tableau 42. Durée et nombre d'enregistrements vidéo par séance de formation.

Séance	1	2GrA	2GrB	3GrA	3GrB	5GrA	5GrB
Durée d'observation	190'	139'	153'	226'	245'	187'	202'
Nombre d'enregistrement vidéo par binôme	1	1	1	2	2	2	2
Enregistrement de l'écran de l'EV	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui

IV 2.3.2 Verbalisations provoquées

Pour cette étude, quatre méthodes de recueil de verbalisations ont été utilisées : des autoconfrontations, des verbalisations simultanées et interruptives, des autoconfrontations de second niveau et un entretien de remise en situation à partir de traces matérielles¹⁰³.

Autoconfrontations

Seize autoconfrontations ont été réalisées dans le cadre de cette étude avec les stagiaires (N=12) et le formateur (N=4) à partir des enregistrements audiovisuels des séances. Toutes les autoconfrontations ont été menées dans les 48h suivant la séance observée. Les autoconfrontations ont elles-mêmes fait l'objet d'un enregistrement vidéo afin de faciliter l'analyse et la mise en correspondance des explicitations et des comportements lors des séances. La durée moyenne des autoconfrontations avec les stagiaires était de 70 minutes (Tableau 43).

Tableau 43. Durée des entretiens d'autoconfrontation avec les participants.

Séance	Formateur/Stagiaires	Stagiaires	Durée de l'autoconfrontation
Séance 1	Formateur	F3	100'
	Stagiaires	fC	60'
		Ed	52'
		L	50'
		Vn	75'
Séance 2	Formateur	F3	66'
	Stagiaires	S1	80'
		Ec	43'
Séance 3	Formateur	F3	61'
	Stagiaires	Q	90'
		VI	66'
		D	75'
Séance 5	Formateur	F3	104'
	Stagiaires	M	80'
		T	53'

¹⁰³ Une description détaillée de ces méthodes est faite dans la section 2 du chapitre 2.

Verbalisations simultanées et interruptives

Comme précisé au chapitre 2, les verbalisations simultanées et interruptives permettent sous certaines conditions la documentation de la conscience préreflexive en cours d'activité, à l'aide d'un questionnement de l'acteur sur son activité (à des moments où cela perturbe le moins possible l'action). Cette méthode de recueil des verbalisations a été utilisée principalement lors de la séance 3 durant laquelle les stagiaires réalisaient individuellement le dispositif¹⁰⁴. Aussi, il était possible de demander à l'acteur d'explicitier à « voix haute » ses pensées, doutes, difficultés rencontrées, méthodes d'exploration envisagées ou connaissances mobilisées. Celui-ci pouvait verbaliser simultanément ou en marquant une pause dans le déroulement de sa navigation scénarisée.

Autoconfrontations de second niveau

Quatre autoconfrontations de second niveau (analytiques) ont été réalisées avec le formateur. Comme pour l'Étude 1, ces autoconfrontations de second niveau visaient à :

- (i) Compléter les données existantes des autoconfrontations ;
- (ii) Créer un espace/temps pour échanger avec le formateur sur sa pratique et celle des stagiaires, notamment à partir des « retours à chaud » des stagiaires lors de l'étape du débriefing, et des résultats de leur analyse du cours d'expérience ;
- (iii) Faire participer le formateur à l'analyse et faire germer des pistes de conception ou de re-conception ;
- (iv) Avoir des explications techniques liées au contenu de la séance.

Entretien de remise en situation à partir de traces matérielles

Un entretien de remise en situation a été conduit avec le formateur afin de documenter son activité lors de l'animation de la 4^{ème} séance qui n'a pas été observée. Différentes traces ont été rassemblées et organisées telles que les captures d'écran de la « bibliothèque¹⁰⁵ », des brouillons (e.g., versions intermédiaires des enquêtes), des photos prises par le formateur lors de la séance, des traces papier

¹⁰⁴ Durant les séances où les stagiaires ont travaillé en binôme, il était par leurs dialogues plus facile de comprendre leur activité, mais aussi de sélectionner les moments pour les autoconfrontations.

¹⁰⁵ Mode « bibliothèque » : fonctionnalité de l'EV permettant de sauvegarder sous forme de capture d'écran des photos ou lieux de l'EV. (Voir également chapitre 3, section 4 pour un usage de cette fonctionnalité en formation).

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

des consignes données aux stagiaires (Figure 51). Cette multitude de traces hétérogènes a facilité la remise en situation dynamique du formateur relative à certains de ces moments passés.

The figure consists of two main parts. On the left is a technical document titled 'DOCUMENT OPERATOIRE DES SPECIFICATIONS TECHNIQUES D'EXPLOITATION' for EDF - DPN. It contains a table with two columns: 'EVENEMENT' and 'CONDUITE A TENIR'. The table lists several RCP (Réglage de Consigne de Pression) items with their corresponding actions. On the right is a handwritten note titled 'AK Conduite 21' and 'Scénario-enquête'. It contains a list of instructions and observations, with some items circled in red. The handwritten notes include: '1 : Entrée par SAS 22m. Contrôle du tableau électrique LKN demandé et mise en service de l'éclairage à partir de l'armoire éclairage DNR 001 AR à DNR 005 AR.', '2 : Faites une capture du tableau et de l'armoire électrique.', '3 : Après remise en service de l'éclairage BR, cheminer jusqu'aux robinets impactés par l'EP REN 202 (intérieur enceinte).', '4 : Faites une capture des robinets.', '5 : Après constat : les robinets REN 291 VP et REN 293 VP. sont incriminés. Traverser mécaniquement isolable manuellement ? Par quel robinet ?', '6 : Faire une capture des deux robinets et de leurs robinets d'air de commande associés.', '7 : mettre le robinet sur Back-Seat (sécurité arrière) Comment précéder-vous pour manoeuvrer ? Quel intérêt de le faire ? Quel inconvénient ?'. The handwritten notes also include a list of robinets: '- pneumatique', '- isolation air + purge', '- lever poire + aillière', and '- position Back-Seat'. There are also some additional handwritten notes: 'Av => suite de la fuite' and 'inconvénient => il n'y a plus d'isolation'.

EVENEMENT	CONDUITE A TENIR
RCP 1 Débit global des fuites non quantifiées du circuit primaire principal supérieur à 230 l/h	Groupe 1 Amorcer le rempli de la tranche en ANIGV sous 2 heures.
RCP 2 Débit global des fuites du circuit primaire principal supérieur à 2300 l/h	Groupe 1 Appliquer le DOS.
RCP 3 Débit des fuites primaire-secondaire supérieur au débit de fuites tolérées sur au moins un GV	Groupe 1 Arrêter tout fonctionnement en suivi de charge et réglages de fréquence. Amorcer le rempli de la tranche en ANIRRA sous 7 jours.
RCP 3bis Débit des fuites primaire-secondaire supérieur à 20 l/h sur au moins un GV	Groupe 1 Si le débit de fuite est supérieur à 70 l/h, appliquer le DOS. Si le débit de fuite est inférieur à 70 l/h, amorcer le rempli de la tranche en ANIRRA sous 1 heure
RCP 3ter Evolution du débit de fuites primaire-secondaire sur au moins un GV supérieure aux critères tolérés	Groupe 1 Amorcer le rempli de la tranche en ANIRRA sous 1 heure.
RCP 4 Une ligne de décharge du pressuriseur indisponible* * Une ligne de décharge est considérée comme indisponible si la soupape de protection est indisponible ou si la soupape d'isolation est indisponible.	Groupe 1 Amorcer le rempli de la tranche en ANIGV sous 1 heure Si la soupape d'isolation seule est indisponible en position ouverte, le délai d'amorçage du rempli est porté à 24 heures Les interventions sur l'armoire de commande ou la commande électrique d'une soupape ne doivent pouvoir être effectuées qu'en l'absence de risque de dépressurisation intertempiste.

Figure 51. Traces de l'activité du formateur et des stagiaires, utilisés lors de l'entretien de remise en situation.

IV 2.4 Méthodes de traitement des données

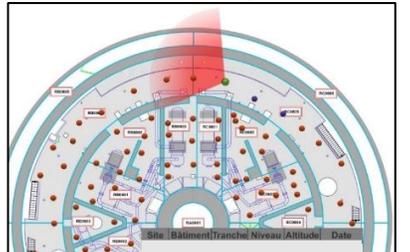
Les données construites dans le cadre de cette étude ont été transcrites pour l'élaboration des protocoles à deux volets. Le cours d'expérience des stagiaires a fait l'objet d'une analyse locale et globale et le cours d'expérience du formateur a fait l'objet d'une analyse locale¹⁰⁶.

¹⁰⁶ Une description détaillée de ces méthodes est faite dans la section 2 du chapitre 2.

IV 2.4.1 Transcription des entretiens et des situations de formation et construction des protocoles à deux volets

La première étape du traitement de données a consisté à retranscrire verbatim les verbalisations produites en autoconfrontation et lors des situations de formation observées. Cette étape a permis d'organiser les corpus de données sous forme de « protocoles à deux volets » (Tableau 44).

Tableau 44. Protocole à deux volets, extrait corpus Q.

HD	Description du comportement de la situation de formation	Verbatim de l'autoconfrontation
1518	<p>Q : Forcément, c'est de l'EKI ça, ce n'est pas ce qui me faut. <i>(En zoomant sur l'étiquette depuis la deuxième photo ; en pointant l'étiquette)</i> tu vois, c'est écrit. <i>Passé par le mode plan et met le numéro du local dans le mode téléportation et le local devient vert sur le mode plan.</i></p>  <p><i>Il retourne sur la photo sphérique (5808) ou il était et pivote 180°, vers l'escalier</i></p>  <p><i>Il retourne de nouveau sur la tuyauterie EKI ; fais un zoom in sur l'étiquette ; zoom out et retourne au mode plan.</i></p> <p>C. : C'est la même que tout à l'heure ? Q : Ouais. <i>(Passé au mode « téléportation » il tape le deuxième local qui devient vert, juste au même endroit que le local précédent un niveau plus haut.)</i></p>  <p>Q : Ah, ouais, voilà. Ben si, j'étais dedans, c'est ça ! <i>(en regardant les points des photos qu'il avait déjà visualisées)</i></p>	<p>C. : Et là ? Q : là je cherche une traversée mécanique, je sais que FGH c'est un système, ça véhicule de l'eau, donc tu cherches une traversée, une conduite qui traverse un mur, une traversée mécanique. C. : Donc là t'es sur le premier des deux locaux, c'est ça ? Q : Là en fait je regardais ou est-ce que je me situais par rapport au local qui t'était donné. Je regardais ou est-ce que je me situe. C. : D'accord, tu regardes le point de vue pour savoir ce que tu as déjà vu ? Q : Voilà. C'est vrai que je transite souvent par cette vue. Après il y a l'autre vue qui n'est pas mal aussi, c'est la vue par étage, 3D. Mais là je me repérais plus par rapport aux locaux. J'essayais de rester, car sinon t'es éparpillé, tu vois ? Et là je sais que par rapport au repère du local tu sais plus au moins dans quel coin tu veux rester.</p>

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

Les protocoles à deux volets sont des tableaux mettant en correspondance les données d'observation (observation du chercheur, enregistrements des comportements) et les données d'autoconfrontation de chaque acteur individuellement. Ainsi le premier volet comprenait deux ou trois sous-colonnes avec (i) l'horodatage de la situation de formation, (ii) la description des comportements et verbalisations des acteurs en situation de formation, et (iii) des images de l'écran de l'EV ou des photos des participants à partir de l'enregistrement. Le deuxième volet comprenait la transcription verbatim de l'autoconfrontation avec les explicitations correspondant au moment précis de la séance de formation. Ces protocoles à deux volets ont été complétés par des descriptions « extrinsèques » de l'utilisation des différentes vues de l'EV (e.g., Figure 52). Ces descriptions détaillées ont permis de documenter finement l'utilisation de chacune des différentes vues de l'EV (photos sphériques, plan 2D, 3D, vue en survol) lors de chacune des 3 phases du dispositif (navigation libre, navigation scénarisée, débriefing).

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

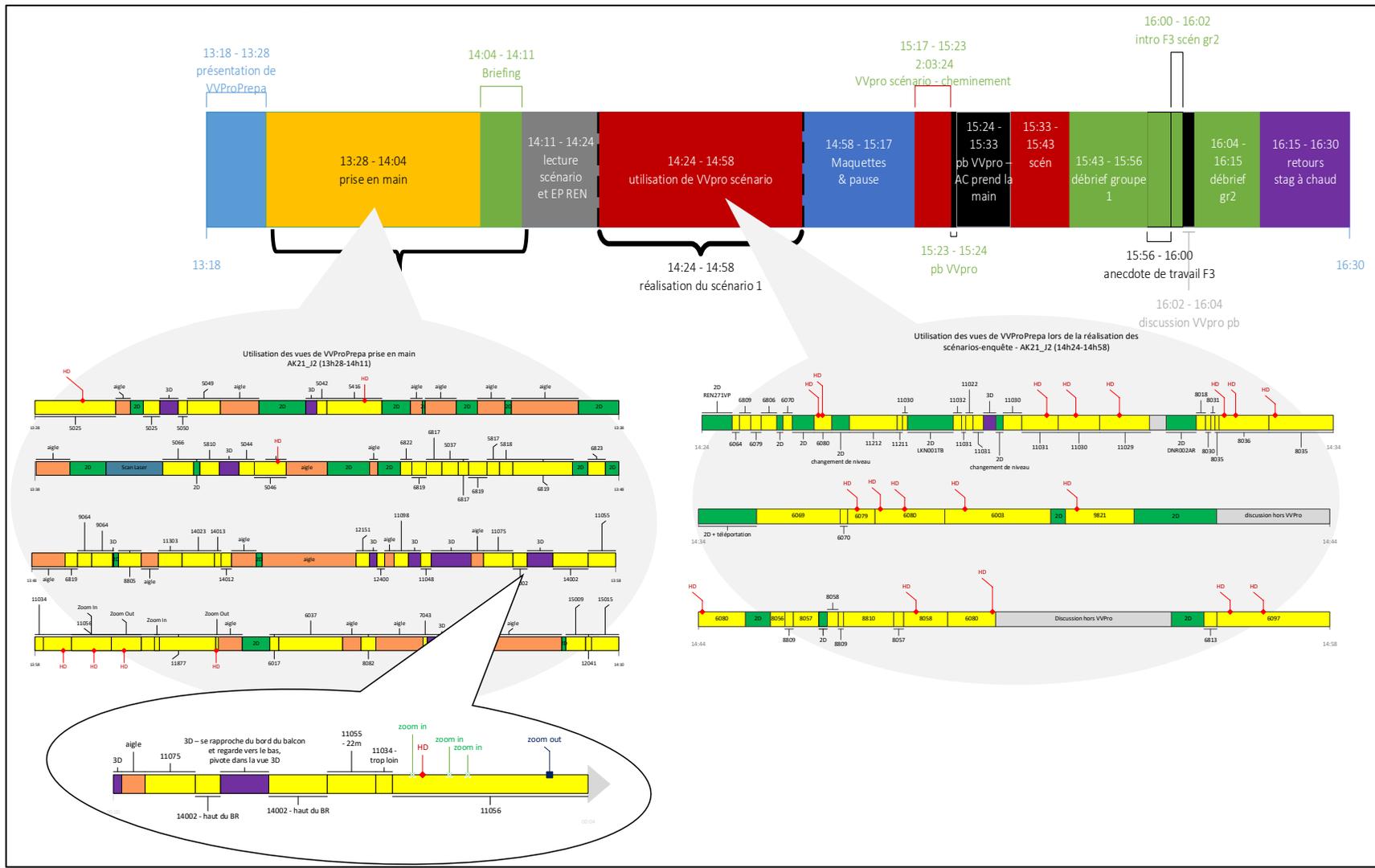


Figure 52. Extrait de la description de l'utilisation des différentes vues de l'EV lors du dispositif, séance 5

IV 2.4.2 Analyse locale du cours d'expérience des formateurs et stagiaires

La deuxième étape du traitement des données a consisté en une analyse locale du cours d'expérience des différents acteurs. L'analyse locale a consisté à renseigner la dynamique d'engendrement des signes hexadiques. Cette analyse a permis une description du cours d'expérience et de la dynamique de construction de significations à un grain très fin, sur des empan temporels restreints. Dans le cadre de cette étude, une analyse locale a été réalisée pour le cours d'expérience de tous les participants lors d'épisodes précis et pour deux stagiaires pendant la navigation libre et la navigation scénarisée dans leur intégralité. Le choix des épisodes qui ont fait l'objet de cette analyse locale a été fait sur la base de la richesse des données construites et de leur pertinence par rapport à l'objet de recherche. Le Tableau 45 présente un exemple d'enchaînement de deux signes hexadiques.

Tableau 45. Extrait de la construction du cours d'expérience de Vn - recherche de la vanne ABC.

U21 : Ressentant un tourbillon de doutes par rapport à l'existence de la ABC261VZ près du premier accumulateur, accepte la proposition d'Y d'aller voir sur le deuxième accumulateur ABC qui se trouve un peu plus loin.
E : Cherche à trouver la ABC261VZ pour avancer dans l'enquête.
A : Attentes liées à la découverte de la ABC261VZ près du deuxième accumulateur ABC.
S : : [déplacer en mode photo] : il faut appuyer sur une autre photo vers la direction à se rendre.
R : Proposition d'Y « essaye voir sur l'autre »
I : Tourbillon de doutes : [ABC251VZ et ABC261VZ] : sont en série et près l'une de l'autre. Tourbillon de doutes : [ABC261VZ] : est raccordée au premier accumulateur. : se trouve près de lui. : se trouve à proximité de la ABC251VZ.
U22 : Pivote en dézoomant la photo pour aller vers le deuxième accumulateur.
E : Cherche à trouver la ABC261VZ pour avancer dans son enquête. Cherche à se rendre au deuxième accumulateur pour chercher là-bas la ABC261VZ.
A : Attentes liées à la téléportation dans le bâtiment réacteur virtuel près du deuxième accumulateur ABC.
S : [déplacement en mode photo] : il faut appuyer sur une autre photo vers la direction à se rendre.
R : Radar indiquant le champ de vision dans la photo.
I : Tourbillon de doutes : [ABC251VZ et ABC261VZ] : sont en série et près l'une de l'autre. Tourbillon de doutes : [ABC261VZ] : est raccordée au premier accumulateur. : se trouve près de lui. : se trouve à proximité de la ABC251VZ.
U23 : Visualisant une quatrième vanne près de l'accumulateur, fait l'hypothèse que c'est la ABC261VZ.
E : Cherche à visualiser le repère fonctionnel de cette quatrième vanne. Cherche à retrouver la ABC261VZ pour avancer dans l'enquête.
A : Attentes liées à la visualisation du repère fonctionnel « ABC261VZ » sur la pancarte de la vanne devant lui. Attentes liées à la possibilité de lire le repère fonctionnel de la deuxième vanne.
R : Vanne ABC261 se trouvant près de l'accumulateur ABC.
S : [HD + zoom photos sphériques] : permet de visualiser des détails et lire le repère fonctionnel des vannes. [ABC261VZ] : vanne d'azote. : a une petite tuyauterie jaune. : est une injection de pression sur l'accumulateur ABC. : est raccordée à l'accumulateur ABC et elle se trouve près de lui. : est en série et se trouve près de la ABC251VZ.
I : Questionnement : [quatrième vanne devant accumulateur ABC] : est la vanne ABC261VZ ? Renforcement de type : [HD + zoom photos sphériques] : permet de visualiser des détails et lire le repère.

IV 2.4.3 Analyse globale du cours d'expérience des stagiaires

Le cours d'expérience des stagiaires a également fait l'objet d'une analyse globale afin de modéliser leur activité pendant la situation de formation et de rendre compte de l'organisation du cours d'expérience à partir d'entités de rangs supérieurs. La modélisation de la dynamique globale

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

s'est faite par la construction de Récits Réduits (enchaînement et enchâssement d'unités significatives élémentaires) qui permettent de mettre en lumière la succession temporelle des actions et événements du point de vue de l'acteur. Les USE d'un cours d'expérience s'enchaînent et s'enchâssent à des unités de rang supérieur, nommées séquences, macro-séquences et séries (e.g., Tableau 46).

Tableau 46. Macro-séquences et séquences de la série (S1) « Réaliser la navigation scénarisée et suivre les consignes ».

Série 1 - Réaliser la navigation scénarisée et suivre les consignes	Macro-séquence pour la réalisation de l'enquête	Séquences pour la réalisation de l'enquête
	Comprendre ce qui est demandé par les consignes et préparer la réalisation de la manœuvre	18. Récolter les informations nécessaires pour la réalisation de la manœuvre. 19. Hiérarchiser les questions et définir la démarche de réalisation de la manœuvre. 20. Croiser les informations données par les consignes avec d'autres sources (documents, schémas, scénario).
	Rechercher les organes concernés par la manœuvre (<i>balayage total, balayage orienté par les indices et recherche à partir du « gros matériel »</i>)	21. Identifier le local dans lequel se trouve l'organe. 22. Réfléchir au rôle du circuit de l'organe recherché. 23. Choisir une vue de l'EV ou trouver un meilleur point de vue. 24. Identifier un organe (changement de point de vue / recherche des informations supplémentaires dans l'environnement). 25. Vérifier l'identité d'un organe (zoom et HD).
	Répondre aux questions et imaginer l'intervention	26. Comprendre le fonctionnement et rôle d'un organe. 27. Choisir une vue de l'EV où trouver un meilleur point de vue. 28. Imaginer le contexte d'intervention ¹⁰⁷ . 29. Réfléchir à la façon de réaliser la manœuvre. 30. Réfléchir aux conséquences provoquées sur l'organe et à la centrale ¹⁰⁸ . 31. Questionner le formateur ou un autre stagiaire avec plus d'expérience.
	Préparer le débriefing	32. Réaliser un cheminement le plus pertinent possible. 33. Sélectionner les vues à utiliser pour rendre compte du cheminement de la fonction « GPS ». 34. Sélectionner les captures à montrer pendant le débriefing.

¹⁰⁷ Séquence documentée uniquement pour l'activité des acteurs lors du dispositif de troisième génération.

¹⁰⁸ Séquence documentée uniquement pour l'activité des acteurs lors du dispositif de troisième génération.

IV 3. COURS D'EXPÉRIENCE DES ACTEURS LORS DU DISPOSITIF SCENARIO-ENQUETE

Cette section est composée de six sous-sections qui présentent les principaux résultats empiriques de la deuxième étude :

- 3.1 La présentation des expériences-type des stagiaires lors de la navigation libre dans l'EV ;
- 3.2 Le cours d'expérience des stagiaires lors de la navigation scénarisée dans l'EV ;
- 3.3 Les modes de recherche archétypes d'un matériel dans l'EV ;
- 3.4 La caractérisation des enquêtes réalisées lors de l'utilisation de l'EV (enquêtes à dominante abductive, déductive et inductive) ;
- 3.5 Les Préoccupations archétypes du formateur ;
- 3.6 Les vues de l'EV (photos sphériques, plans 2D, 3D et vue en survol) comme support au cours d'expérience des acteurs.

Les résultats des sous-sections 3.1 et 3.2 nous renseignent sur l'organisation de cours d'expérience des acteurs lors de la réalisation du dispositif, c'est-à-dire pendant la navigation libre et la navigation scénarisée. Les sous-sections 3.3 et 3.6 rendent compte du cours d'expérience des acteurs lors de l'utilisation des différentes vues et fonctionnalités de l'EV. La sous-section 3.4 caractérise le type d'enquête réalisée par les stagiaires sous le regard des trois catégories d'inférences (abduction, déduction et induction) et nous permet de documenter un principe général de conception présenté au chapitre 6. Cette caractérisation permet de croiser les différents types d'enquêtes et l'apprentissage/développement des acteurs. Enfin, la sous-section 3.5 nous renseigne sur les Préoccupations du formateur lors du dispositif au regard du cours d'expérience des stagiaires et permet de comprendre également certaines des modifications du dispositif présentées en section 5. Les résultats des sous-sections 3.1, 3.2 et 3.4 contribuent à répondre à notre première question de recherche concernant l'apprentissage/développement des stagiaires en situation de formation. La sous-section 5 documente notre deuxième question de recherche relative au cours d'expérience du formateur dans son processus d'appropriation de l'EV en situation de formation. Tous les résultats et plus spécifiquement les sous-sections 3.3, 3.4 et 3.6 alimentent notre troisième question de recherche relative à la conception de situations de formation mobilisant des EV et sur la re-conception de l'EV étudié lui-même.

Les résultats présentés dans ce chapitre sont illustrés par un exemple et/ou justifiés par un extrait d'analyse chaque fois que nécessaire. Cela peut prendre la forme (i) d'un court récit (augmenté ou non de références aux composantes du signe hexadique), (ii) d'extraits de verbalisations in situ, (iii) d'extraits de verbatim d'autoconfrontation, (iv) de signes hexadiques ou séquences de signes hexadiques. Ces illustrations et justifications sont donc relativement hétérogènes, mais ainsi chaque résultat est soutenu par l'élément le plus pertinent et le plus aidant à sa compréhension.

IV 3.1 Expériences-type et construction de connaissances lors de la navigation libre

Tous les scénarios-enquêtes ont débuté par une phase de prise en main et de navigation libre des binômes dans l'EV. Ce temps initialement prévu pour que les stagiaires se familiarisent avec les différentes fonctionnalités et vues¹⁰⁹ de l'EV s'est avéré propice à la transformation du Référentiel, autrement dit des types et relations entre types qui le composent. Ces transformations du Référentiel ont pris la forme de nouveaux types, de renforcement ou d'invalidation de types déjà construits, de mise en relation de types, ou encore de reprises de chaînes interprétatives. Ces transformations du Référentiel ne sont pas en lien uniquement avec la prise en main de l'EV, mais aussi (et surtout) avec la construction de nouveaux types concernant l'aspect spatial et fonctionnel du bâtiment réacteur et le développement d'une culture d'action de métier d'AT¹¹⁰.

Cette phase de navigation libre ne faisait pas l'objet de consignes particulières : à ce moment du dispositif, les stagiaires n'avaient pas encore connaissance du contenu des consignes-papier de la navigation scénarisée qu'ils auraient à réaliser. Trois expériences-type ont été fréquemment observées : (i) découvrir du matériel et des emplacements pas encore visualisés, (ii) se construire des repères pour de futures entrées dans le bâtiment réacteur et (iii) présenter et localiser une expérience dans son environnement authentique pour la partager. Nous présentons dans un premier temps ces trois activités-type à l'aide d'illustrations, puis le potentiel transformatif de cette phase de navigation libre à travers l'analyse de la construction/renforcement/invalidation et mise en relation des types.

¹⁰⁹ Les différentes fonctionnalités et vues de l'EV sont décrites au chapitre 1, section 4.

¹¹⁰ Pour une définition de la culture d'AT, voir chapitre 3 section 3.

IV 3.1.1 Découvrir l'emplacement et l'aspect d'un matériel jamais vus sur le terrain

Pendant cette phase de navigation libre, certains stagiaires ont mené une enquête avec comme objet la découverte de l'emplacement et de l'aspect d'un matériel jamais encore vu réellement dans le vrai bâtiment réacteur. L'Engagement des stagiaires était alors de visualiser ce matériel critique ou typique, dont ils ont entendu parler par les échanges avec les formateurs ou les autres agents de l'équipe de Conduite. Un exemple d'un tel matériel est le ballon RDP¹¹¹ (Réservoir de Décharge du Pressuriseur), que deux binômes ont recherché durant cette phase de navigation libre : M et J (séance 5, GrA) et T et Rn (séance 5, GrB). Ce ballon est très rarement accessible en temps normal en arrêt de tranche, dans la mesure où il se trouve dans un local à accès très restreint. Les stagiaires ont donc cherché à découvrir dans l'EV à quoi ressemble ce ballon et à identifier son emplacement exact.

Initialement, M a essayé d'utiliser le moteur de recherche pour retrouver ce ballon, mais lorsqu'il a écrit « RDP » dans le moteur de recherche¹¹², aucun résultat n'est apparu. En mobilisant les types acquis [RDP : est raccordé au pressuriseur] et [la nomination du pressuriseur : est PZR], il a réalisé une nouvelle recherche dans le moteur de recherche en écrivant « PZR ». Cette nouvelle recherche n'a pas abouti non plus. En mobilisant le type acquis [ballon RDP : se trouve au bas du bâtiment réacteur], M a sélectionné le tout premier niveau de la vue en survol pour poursuivre sa recherche¹¹³. Il s'est ensuite rendu devant le local se trouvant tout en bas du bâtiment en utilisant la vue photo sphérique, puis a avancé dans l'espace annulaire jusqu'à arriver devant une porte cadenassée (Figure 53).

¹¹¹ Le rôle de ce ballon est de collecter le fluide du circuit primaire en cas d'ouverture intempestive d'une soupape du circuit.

¹¹² Le moteur de recherche permet uniquement de retrouver du matériel par les repères fonctionnels¹¹². En l'occurrence, « RDP » et « PZR » sont des appellations courantes de matériels, mais pas leurs repères fonctionnels.

¹¹³ Les flèches et numéros sur les ballons ont été ajoutés par l'analyste pour faciliter la description de cette recherche.



Figure 53. Porte blindée amenant à une zone rouge et la pancarte se trouvant à côté.

M a zoomé sur la porte pour lire les inscriptions qui se trouvaient à côté, et notamment une pancarte sur laquelle il y avait écrit « Accès réglementé. Risque d'exposition externe et interne¹¹⁴ » (R). Ceci lui a permis de faire l'hypothèse que le ballon RDP devait être à proximité. Ne pouvant pas « entrer » dans le local, car il ne savait pas comment sélectionner une photo se trouvant derrière le mur, il s'est senti bloqué par la vue photo sphérique et est repassé en vue en survol pour pouvoir visualiser ce qui se trouvait dans le local. En observant de nouveau la modélisation du ballon 1 sur la vue en survol (Figure 54), M a fait l'hypothèse qu'il s'agissait du RDP : « ah ben le voilà ! ». En zoomant sur l'image il a remarqué qu'il y avait deux ballons (R) et non un seul (Figure 54). Il a alors dit à son binôme que le ballon RDP devait être l'un des deux ballons puisque les formateurs leur avaient indiqué que le ballon se trouvait tout en bas dans un local cadénassé (S). En voyant le niveau « -2 mètres » écrit sur l'EV (R), information qui ne correspondait pas avec le souvenir qu'il avait [ballon RDP se trouve à -4 mètres], J a questionné F3 qui a confirmé qu'il y a des écarts entre l'appellation des niveaux dans l'EV et dans le langage courant d'une équipe de Conduite.

¹¹⁴ Risque d'exposition externe et interne signifie que dans le local en question il y a un risque d'irradiation (exposition externe) ou contamination (exposition interne).

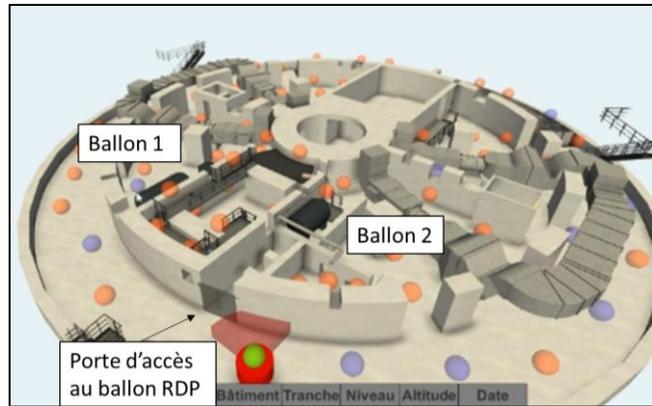


Figure 54. Niveau le plus bas du bâtiment réacteur avec la modélisation de deux ballons et de la porte d'accès.

J a demandé au formateur lequel des deux ballons était le ballon RDP. F3 a répondu en indiquant le ballon 1 tout en encourageant M à se rendre devant la porte noire cadénassée zone rouge, en indiquant que c'est par cette porte que se faisait l'accès dans le bâtiment réacteur réel. Les propos de F3 ont confirmé le type provisoire construit précédemment par M devant la porte [cette porte amène à un local à risque d'exposition interne et externe : le ballon RDP se trouve dans ce local]. Pendant les indications de F3, J regardait la modélisation de la vue en survol (Figure 55). Il a alors interrompu F3 en demandant si le ballon RDP était finalement le ballon 2. M a été alors étonné quand le formateur a répondu positivement (R), car cette réponse a affaibli un type déjà construit [ballon RDP : est un grand ballon]. Le ballon 2 semblait plus petit que le ballon 1. M a donc cliqué sur une photo sphérique à côté du ballon 2 pour le visualiser (Figure 54), mais cela ne l'a pas convaincu. Il a donc continué à chercher des indices pour identifier ce ballon qu'il imaginait plus grand.



Figure 55. Ballon 2 en vue photo sphérique.

En faisant part de son étonnement, M a pivoté et zoomé sur le ballon, puis a demandé à F3 confirmation de l'identité du ballon, ce à quoi celui-ci a répondu qu'il ne s'agissait pas du ballon RDP et qu'il s'était trompé précédemment. En entendant cela (R), M est repassé à la vue en survol pour retrouver une vue d'ensemble. M et J ont réalisé qu'aucun des deux ballons identifiés n'était le ballon RDP. F3 a suggéré à M de monter d'un niveau dans la modélisation (étage supérieur). Ils ont alors vu un autre grand ballon (Figure 56). Afin de découvrir le visuel de ce ballon (E), M est passé en vue photo sphérique et a pivoté autour de ce dernier.



Figure 56. Ballon RDP en vue en survol à gauche et en vue photo sphérique à droite.

IV 3.1.2 Se construire des repères pour les futures entrées dans le bâtiment réacteur

Pendant la phase de navigation libre, les stagiaires ont également cherché à se construire des repères pour de futures entrées dans le bâtiment réacteur, tels que (i) des points de passage clés (escaliers, portes, etc.), (ii) la position de certains organes dans des locaux spécifiques (e.g., niveau où se trouve la piscine), ou encore (iii) des repères plus globaux sur bâtiment réacteur et le positionnement du gros matériel ou enfin (iv) le positionnement de certains robinets sur leur circuit.

Dans l'exemple suivant, T a proposé à Rn d'aller explorer différents « points de passage » clés dans le bâtiment : les accès à des locaux importants (e.g., entrée dans les casemates du générateur de vapeur) et les escaliers et échelles empruntés de manière régulière (signes 125 – 144, Annexe 6). L a Préoccupation et les attentes de T étaient d'être préparé au mieux pour de futurs déplacements et interventions dans le bâtiment réacteur, afin d'être exposé le moins possible aux risques liés à ce bâtiment (E). Les deux stagiaires sont allés visualiser les escaliers en utilisant la « vue en survol » de l'EV pour découvrir tous les points de passage niveau par niveau. À un moment donné, après avoir construit le type [accès aux casemates : ne sont pas visibles depuis la vue en survol], T a aperçu une crinoline (R). Il a alors zoomé dessus et est passé en vue photo

sphérique pour visualiser l'environnement de manière plus détaillée et authentique (Figure 57). Dans ce cas précis, la vue en survol a permis à T de comprendre où était positionnée la crinoline dans le bâtiment réacteur (I) tandis que la vue par photo sphérique lui a permis de se familiariser avec l'environnement de l'endroit du local où elle est située (I). La crinoline se trouvant entre deux locaux, il a ensuite cherché à se rendre dans chacun d'eux (E) en pivotant horizontalement et verticalement dans les photos sphériques (U). Après avoir visualisé les deux locaux reliés par la crinoline, T s'est dit qu'il serait plus simple de naviguer en utilisant la vue 3D, car cette dernière permet d'avancer de manière fluide, en utilisant le clavier et la souris (S). Son intention était alors de naviguer avec la 3D et de basculer en vue photo sphérique à chaque point de passage (E).

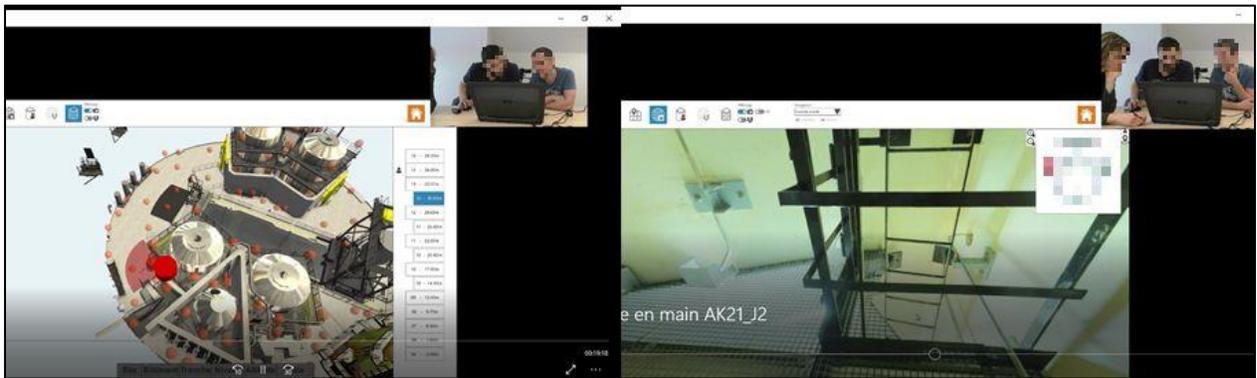


Figure 57. Crinoline représentée sur la vue en survol (à gauche) puis sur la photo sphérique (à droite).

T et Rn ne sont pas les seuls stagiaires à avoir choisi de visualiser les points de passage. Cela a été également le cas pour M et J (séance 5, GrA), pour Q (séance 3, GrA), et pour V (séance 3, GrA).

Le stagiaire (M) qui était déjà entré plusieurs fois dans le bâtiment réacteur, estimait important pour J de connaître la localisation des escaliers menant aux différents niveaux (E). Il a donc joué le rôle de « guide » en l'amenant voir les points de passages en lui expliquant la logique de leur implantation dans le bâtiment. Tout au long de cette visite, il a partagé avec J des types déjà construits qu'il considérait comme utiles pour permettre à son binôme de se déplacer lors de ses futures entrées dans le bâtiment réacteur, par exemple [espace annulaire : il y a des escaliers à chaque étage pour pouvoir se déplacer tout en étant au plus loin du cœur du réacteur] (I), ou encore [l'accès aux casemates générateur de vapeur : se fait que par le bas du bâtiment ou par tout en haut, mais pas par les étages intermédiaires] (I). Lors de l'autoconfrontation, M précise :

« Je lui explique où trouver les escaliers. Là, on a fait un petit cheminement directement sur la droite là où on retrouve les escaliers, ils sont soit tout à droite, soit tout à gauche. Pour se déplacer, il faut déjà connaître où sont les accès aux différents étages, donc remonter ou redescendre, peu importe. Là, déjà, on part pour trouver déjà les escaliers pour voir un peu comment se déplacer dans le bâtiment réacteur, monter ou descendre, ce sont des choses importantes. » (Extrait AC, M, Séance 5).

Un dernier exemple montre comment V a profité de la phase de navigation libre, pour se préparer à une intervention à venir. Il s'est rendu à des endroits où il savait devoir accéder réellement dans les jours à venir, pour accompagner l'équipe de Conduite à laquelle il était affecté. Il a cherché ainsi à se familiariser avec les différents locaux dans lesquels il allait devoir se rendre très prochainement (E) en visualisant les organes s'y trouvant. Ce dernier indique lors de l'autoconfrontation :

« Là je fais du repérage pour la semaine prochaine parce que je sais que je dois aller sur la CA en question. J'essaie donc de me préparer et de me familiariser avec le cheminement pour le faire plus vite » (Extrait AC, V).

IV 3.1.3 Présentifier¹¹⁵ une expérience, la localiser et la partager

La troisième expérience-type observée lors de la phase de navigation libre consiste à exploiter cet espace-temps pour présentifier une expérience et la partager avec autrui en la localisant dans son environnement authentique. Cette expérience présentifiée peut avoir été i) vécue par le stagiaire, ii) partagée par autrui (le formateur, un autre stagiaire ou un collègue), ou iii) être imaginaire.

Présentifier, localiser et partager une expérience vécue par l'acteur

Afin d'illustrer la présentification d'une expérience vécue par le stagiaire, nous nous appuyerons sur l'analyse du cours d'expérience de Rn qui a partagé à T une expérience vécue quelques mois auparavant lors d'une entrée dans le bâtiment réacteur. Lors de la séance 5, T et Rn naviguaient près de la piscine. T qui était à la recherche d'une grande machine (MSDG)¹¹⁶, a montré à Rn un

¹¹⁵ Le verbe « présentifier » a été choisi pour rendre compte de l'Engagement des acteurs à découvrir, redécouvrir, se souvenir, ramener à l'instant présent un élément vécu ou pas.

¹¹⁶ MSDG : Machine de Serrage et Desserrage des Goujons. Gros appareil qui sert à dévisser le couvercle de la cuve du réacteur

« gros matériel¹¹⁷ » en lui demandant si c'était la machine recherchée. En visualisant la photo sphérique à l'endroit pointé par T, Rn a aperçu le pont de la piscine (R). La visualisation de cet élément a suscité le *reenactment* d'une expérience passée qu'il avait vécue : une manœuvre sur la chaîne KRT¹¹⁸ qui se trouve sur le pont de la piscine.

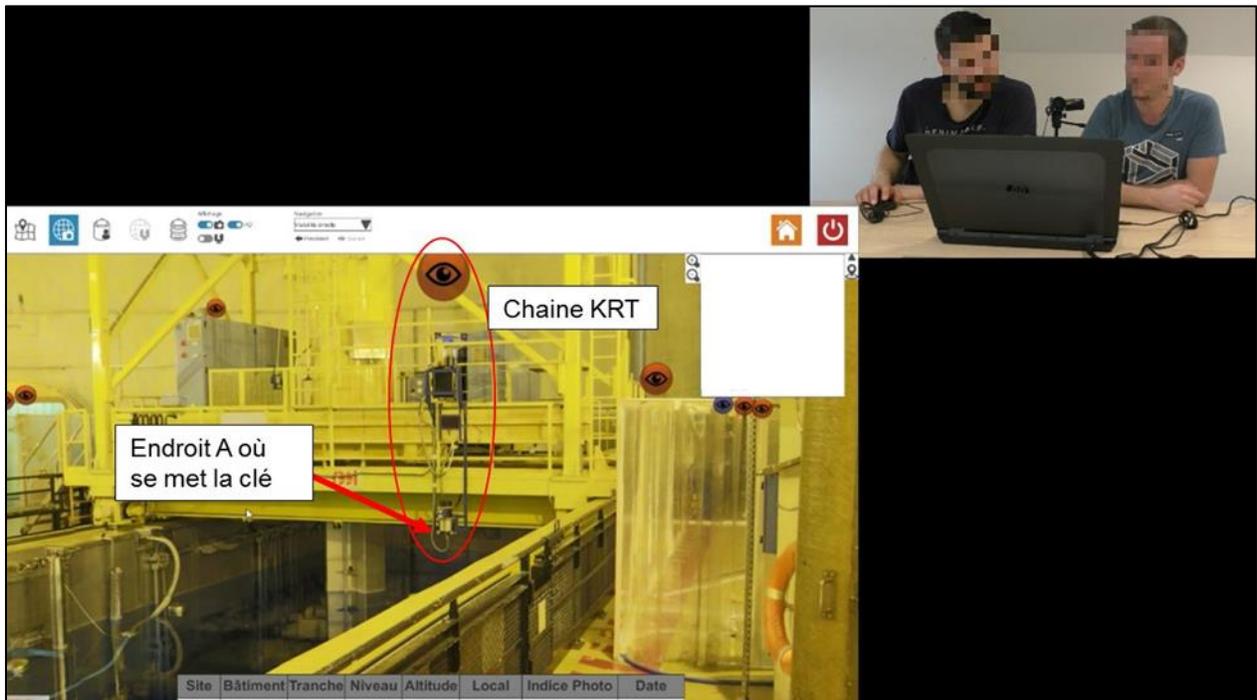


Figure 58. Chaîne KRT se trouvant sur le pont roulant et endroit où se met la clé pour tester la chaîne KRT.

Lors de son intervention, Rn a eu des difficultés à localiser l'endroit où se trouvait la chaîne KRT (S) et à réaliser la manœuvre. Il a partagé cette expérience avec T, pensant qu'il serait intéressant et pertinent pour lui de connaître (afin de réaliser plus rapidement et facilement cette manœuvre) où se trouve la chaîne KRT - d'autant plus que ce matériel est amovible (S), ainsi que l'endroit où mettre la clé (S) pour vérifier son bon fonctionnement. Rn a d'abord conduit virtuellement T devant la chaîne KRT pour qu'il puisse voir à quoi celle-ci ressemble, où elle se situe, et à quel endroit il faut positionner la clé... Lors de l'autoconfrontation, Rn précise :

¹¹⁷ « Gros matériel » : dénomination utilisée couramment par le personnel de terrain en faisant référence aux principaux composants du circuit primaire (circuit dans lequel a lieu la réaction nucléaire) par exemple la cuve, les générateurs de vapeur, les Groupes motopompes primaires, le pressuriseur.

¹¹⁸ Chaîne KRT : Les chaînes KRT sont les matériels utilisés pour mesurer la radioactivité à différents endroits de la tranche (dans le bâtiment réacteur, sur le circuit IJK, ...)

« À ce moment-là on se promenait autour de la piscine et je me suis dit tiens, la dernière fois on avait galéré pour retrouver la chaîne KRT, ça pourrait être intéressant de lui dire, si un jour il a à le faire, pour la trouver celle-là [...]il fallait tester plusieurs chaînes KRT, et pour trouver les chaînes KRT au début, waouh, on cherche quand même [...] et puis surtout que la chaîne elle bouge parce que le pond bouge donc celui qui ne sait pas exactement où est la chaîne peut chercher longtemps. » (Extrait AC, Rn).

Rn a indiqué précisément à T l'endroit où se trouvait la chaîne KRT sur la photo de l'EV, en spécifiant que cette chaîne est mobile (S) et qu'elle peut se trouver à n'importe quel endroit du pont roulant. Il voulait également partager avec T l'endroit où doit se mettre la clé, car cela nécessite de se pencher au-dessus de la piscine à un endroit difficilement accessible (Figure 58). Au début, T a cru que Rn lui faisait une blague (« *arrête, sérieux ?* »), ayant du mal à croire qu'il fallait faire une telle manœuvre, penché au-dessus de la piscine. Amusé par la réaction de son collègue, Rn lui a répondu qu'il avait réellement dû faire cette manœuvre récemment.

Présentifier, localiser et partager une expérience vécue par autrui

Dans ce deuxième cas de figure, les acteurs convoquaient une expérience vécue et partagée par autrui. L'acteur qui partageait une expérience vécue par autrui pouvait soit avoir déjà visité l'emplacement, soit découvrir l'emplacement à l'aide de l'EV. Dans l'illustration qui suit, V1 convoque le récit d'une expérience vécue par un de ses collègues et le partage avec K (séance 3). Rappelons que lors de la séance 3, les stagiaires réalisaient les scénarios-enquêtes individuellement. Aussi, V1 naviguait seul dans l'EV quand il a aperçu une platine (R) devant être branchée pour la réalisation d'une intervention sur l'évent cuve (S). Un collègue AT de son équipe de Conduite lui avait montré à l'occasion d'une entrée dans le bâtiment réacteur à l'endroit où cette platine se trouvait avant d'être branchée et comment elle devait se brancher.

Après son quart (et avant la séance de formation ici analysée), V1 avait partagé cette expérience vécue avec K, mais sans pouvoir lui montrer où se met cette platine. En voyant la platine sur la photo sphérique, il s'est dit que c'était l'occasion de montrer l'emplacement de rangement de la platine ainsi que l'endroit où se réalise le branchement. Il a donc proposé à K (qui naviguait dans l'EV sur un autre ordinateur) de venir pour qu'il lui montre la platine dont il lui avait parlé. K a donc rejoint V1 à son poste pour reprendre l'interprétation initiée plusieurs semaines auparavant

sur l'intervention sur la platine, en mettant en relation des types déjà construits par exemple [platine événement cuve : doit être branchée pour la dépressurisation du pressuriseur] avec de nouveaux types construits « ici et maintenant » à l'occasion de la visualisation de cette platine en formation [raccord de la platine : se fait sur un mur près de la piscine 22 mètres, à côté de la passerelle d'accès].

Présentifier, localiser, et partager une expérience imaginaire

Un dernier extrait illustre la présentification et la localisation d'une expérience imaginaire. Le terme « imaginaire » est utilisé ici pour décrire une expérience qui a été imaginée par les acteurs. Cette expérience imaginaire était soit totalement fictive (e.g., un stagiaire qui s'imaginait devoir descendre au fond de la piscine pour réaliser une intervention), soit il s'agissait d'une intervention « ordinaire » imaginée dans sa réalisation (sans avoir déjà été accomplie par le stagiaire). L'exemple décrit ci-dessous entre dans le deuxième cas de figure. Une intervention était prévue lors d'un quart assuré par M, mais qui, suite à un changement de planning, n'a pas pu la réaliser. Lors la navigation libre, M a tenté de faire l'expérience imaginaire de la réalisation de cette intervention.

M avait prévu de faire une intervention avec un collègue durant la semaine où il était en quart dans son équipe de Conduite. Cette intervention, prévue de longue date, consistait à intervenir sur un matériel rarement utilisé et qui se trouve dans le bâtiment réacteur. Quelques jours en amont de la réalisation de cette intervention, son collègue et lui ont étudié les schémas mécaniques¹¹⁹ du circuit en question, la fiche de manœuvre, et ont échangé avec d'autres collègues afin de préparer leur cheminement dans le bâtiment réacteur. Mais finalement M et son collègue n'ont pas pu réaliser cette manœuvre suite à un retard de planning dû à un aléa sur un organe du circuit en question. C'est donc une autre équipe de quart qui a réalisé l'intervention quelques jours plus tard. Lors du dispositif « Scénario-enquête » M qui n'avait pas réalisé cette intervention ni visualisé les lieux et organes impactés par cette manœuvre, a imaginé la réalisation de cette manœuvre. En utilisant le plan 2D, il s'est rendu dans le local où se trouve l'organe qu'ils auraient dû manipuler pour découvrir à quoi il ressemble, tout en expliquant à J de quelle intervention il s'agit, à quel moment elle doit être réalisée et comment il faut manœuvrer l'organe en question (S). Comme M n'avait

¹¹⁹ Schéma mécanique : un schéma mécanique représente la façon dont les organes sont positionnés sur le circuit les uns par rapport aux autres

jamais visualisé l'endroit où se trouve l'organe, ni ne savait à quoi il ressemble (I), ils ont recherché dans le local pour retrouver le repère fonctionnel correspondant à partir de quelques indices qu'ils avaient récoltés, par exemple [organe recherché : fait partie du circuit RCV] (S).

Contrairement au cas d'une expérience passée vécue par l'acteur, dans cette troisième situation, M connaît certains des éléments qui guident leur recherche, mais découvre également de nombreux éléments. Ainsi, en partageant différentes connaissances qu'il a apprises lors de la préparation de cette intervention avec son collègue de quart (les schémas mécaniques, la fiche de manœuvre, l'emplacement théorique de l'organe), il embarque J dans une démarche d'enquête et d'exploration non-utilitaire pour identifier où se trouve l'organe en question. Ils se livrent tous les deux à une enquête et à une exploration basée sur une accumulation d'indices. Cette démarche d'enquête se rapproche beaucoup de celle que les stagiaires ont eue durant la phase de la navigation scénarisée.

IV 3.1.4 Construction de types pendant la phase de navigation libre

Les extraits présentés précédemment pour illustrer le cours d'expérience des stagiaires pendant la phase de navigation libre mettent en lumière des processus de construction de types, des reprises de chaînes interprétatives, ou encore la mise en relation de types déjà construits avec de nouveaux types construits *hic et nunc* dans cette phase de navigation libre.

La « présentification et la localisation d'une expérience vécue dans son environnement pour la partager » a permis aux stagiaires-narrateurs de renforcer des types concernant la localisation, le fonctionnement, et l'utilisation du matériel, mais aussi de reprendre des chaînes interprétatives interrompues comme cela a été le cas pour VI. Les stagiaires-narrateurs¹²⁰ ont quant à eux construit de nouveaux types concernant des manœuvres qui pouvaient leur être demandées ou les mettre en difficulté (e.g., manœuvre de la chaîne KRT), mis en relation des types déjà construits avec de nouveaux types (e.g., K concernant le raccord de la platine), ou encore invalidé des types déjà construits. Concernant l'expérience-type « découvrir l'emplacement et le visuel d'un matériel jamais visualisé », les stagiaires ont réalisé des enquêtes guidées par leurs propres questionnements et curiosité. En repensant à des organes dont des collègues de l'équipe de quart ou des formateurs leur avaient parlé lors des cours théoriques, ils ont mobilisé les types déjà construits par rapport à ces organes pour réaliser les enquêtes et les retrouver. Dans certains cas, ces enquêtes n'ont pas pu

¹²⁰ Personnes à qui le récit est adressé (Genette, 1972).

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

aboutir à cause de manque d'indices, c'est-à-dire d'informations (ou types) leur permettant de mieux délimiter leur recherche. Dans d'autres cas, ces enquêtes ont pu aboutir grâce à l'intervention du formateur (e.g., ballon RDP pour l'enquête de M et J).

Enfin, lors de l'expérience-type « se construire des repères pour de futures entrées » les stagiaires ont construit de nouveaux types portant notamment sur l'aspect spatial du bâtiment réacteur, et mis en relation des types liés au fonctionnement de certains organes et leur emplacement dans le bâtiment. L'utilisation de la vue en survol durant cette expérience-type est intéressante, car elle a facilité la construction de types concernant la disposition du « gros matériel » et des différents circuits dans le bâtiment réacteur. En effet, cette vue simplifiée de l'ensemble du bâtiment contient un nombre limité d'organes, mais leur disposition par niveau a permis aux stagiaires, et notamment à J et M, d'assimiler leur disposition et de construire des types hypothétiques relatifs au fonctionnement de ces derniers.

Au cours de cette première phase libre du dispositif, les Representamens des signes qui ont amorcé des enquêtes (des « enquêtes exploratoires-opportunistes », voir section 3.2.1.3) et qui ont permis la construction de nouveaux types ont été de trois sortes : (i) visuel, (ii) mnémonique, ou (iii) de l'ordre d'un constat d'ignorance ou d'un questionnement relatif à une activité future/imaginaire. Le cours d'expérience et l'enquête des stagiaires ont été initiées après qu'un élément a généré une « perturbation » dans le champ visuel des participants (R visuel). Ainsi c'est la visualisation du pont roulant qui a encouragé Rn à présentifier, localiser, et à partager avec T la manœuvre sur la chaîne KRT. La vision de la platine sur la photo sphérique est un autre exemple : elle a été significative pour Vl et l'a conduit à échanger de nouveau avec K à son propos.

Les Representamen mnémoniques portent sur les éléments du Référentiel des stagiaires, des chaînes interprétatives interrompues, des informations entendues en formation ou par des collègues de l'équipe de Conduite, ou encore des questionnements passés qui deviennent significatifs lors de la manipulation de l'EV qui leur offre de nouveaux possibles pour les aborder de nouveau. Ainsi, en mobilisant le type [ballon RDP : se trouve dans un endroit rarement accessible auquel les AT peuvent rarement s'y rendre], construit lors de la formation théorique, M et J ont jugé que naviguer librement dans l'EV se prêtait bien à la visualisation et à l'identification des caractéristiques du ballon RDP.

La troisième sorte de Representamen observé à l'origine d'une enquête était des constats d'ignorance/questionnements liés à une projection et/ou imagination d'une activité future. Cette projection/imagination a conduit à un questionnement (en lien avec la structure d'attente et d'anticipation relative à cette situation imaginaire) : « *si je devais entrer dans le bâtiment réacteur pour réaliser telle manœuvre j'aurais besoin de.../ je m'attendrais à voir .../par où est-ce que je passerais ?* ». Ce questionnement et les attentes associées à cette situation future/imaginaire ont plongé provisoirement les stagiaires dans un tourbillon de doutes, ces derniers faisant le constat de leur ignorance. Ce sont ces constats d'ignorance/tourbillons de doutes qui ont parfois encouragé le début de certaines des enquêtes telles qu'« aller voir les différents points de passage dans le bâtiment réacteur ».

IV 3.2 Cours d'expérience des stagiaires lors de la réalisation des consignes du dispositif

Dans cette partie sont présentées les séries et macro-séquences archétypes identifiées lors de l'analyse du cours d'expérience des stagiaires durant la réalisation des consignes du dispositif.

IV 3.2.1 Organisation sérielle du cours d'expérience lors de la navigation scénarisée

Lors de la navigation scénarisée,¹²¹ quatre séries archétypes ont été identifiées. Les séries, labélisées pour rendre compte de l'Engagement global des stagiaires, sont : « réaliser la navigation scénarisée et suivre les consignes » (S1), « réaliser une enquête opportuniste » (S2), « réaliser une enquête non-utilitaire » (S3), et « comprendre le fonctionnement et découvrir les possibles de l'EV » (S4).

Série 1 : Réaliser la navigation scénarisée et suivre les consignes

La première série « réaliser la navigation scénarisée et suivre les consignes » (Tableau 47) reflète un Engagement des acteurs présent quasiment tout au long de cette deuxième étape du dispositif. En prenant connaissance des questions de la consigne papier, les acteurs ont cherché à y répondre et à se préparer pour le débriefing. Cette série est constituée de quatre macro-séquences, (i) comprendre ce qui est demandé par les consignes, (ii) rechercher les organes concernés par la manœuvre (balayage total, balayage ciblé et recherche à partir du « gros matériel »), (iii) répondre

¹²¹ La navigation scénarisée fait référence à l'activité des stagiaires à partir du moment où le formateur leur donne les consignes du scénario-enquête.

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

aux questions et imaginer¹²² l'intervention, et enfin (iv) préparer le débriefing. L'ordonnancement de ces macro-séquences peut différer d'un binôme à l'autre puisque certains binômes ont voulu préparer le débriefing après avoir retrouvé les organes demandés et d'autres ont préféré le préparer en même temps qu'ils répondaient aux questions de l'Enquête-papier.

Tableau 47. Macro-séquences et séquences de la série (S1) « Réaliser la navigation scénarisée et suivre les consignes ».

Série 1 - Réaliser la navigation scénarisée et suivre les consignes	Macro-séquence pour la réalisation de l'enquête	Séquences pour la réalisation de l'enquête
	Comprendre ce qui est demandé par les consignes et préparer la réalisation de la manœuvre	35. Récolter les informations nécessaires pour la réalisation de la manœuvre. 36. Hiérarchiser les questions et définir la démarche de réalisation de la manœuvre. 37. Croiser les informations données par les consignes avec d'autres sources (documents, schémas, scénario).
	Rechercher les organes concernés par la manœuvre (<i>balayage total, balayage orienté par les indices et recherche à partir du « gros matériel »</i>)	38. Identifier le local dans lequel se trouve l'organe. 39. Réfléchir au rôle du circuit de l'organe recherché. 40. Choisir une vue de l'EV ou trouver un meilleur point de vue. 41. Identifier un organe (changement de point de vue/recherche des informations supplémentaires dans l'environnement). 42. Vérifier l'identité d'un organe (zoom et HD).
	Répondre aux questions et imaginer l'intervention	43. Comprendre le fonctionnement et rôle d'un organe. 44. Choisir une vue de l'EV où trouver un meilleur point de vue. 45. Imaginer le contexte d'intervention ¹²³ . 46. Réfléchir à la façon de réaliser la manœuvre. 47. Réfléchir aux conséquences provoquées sur l'organe et à la centrale ¹²⁴ . 48. Questionner le formateur ou un autre stagiaire avec plus d'expérience.
	Préparer le débriefing	49. Réaliser un cheminement le plus pertinent possible. 50. Sélectionner les vues à utiliser pour rendre compte du cheminement de la fonction « GPS ». 51. Sélectionner les captures à montrer pendant le débriefing.

¹²² L'imagination de la manière d'intervenir a été documentée uniquement concernant l'activité des stagiaires ayant réalisé la troisième génération du dispositif.

¹²³ Séquence documentée uniquement pour l'activité des acteurs lors du dispositif de troisième génération.

¹²⁴ Séquence documentée uniquement pour l'activité des acteurs lors du dispositif de troisième génération.

Le Tableau 47 présente les macro-séquences et séquences de la série « Réaliser la navigation scénarisée et suivre les consignes ». Une même séquence peut être liée à plusieurs séries, par exemple la séquence « débattre du fonctionnement de différents organes » qui peut apparaître à la fois lors de la série 1 « Réaliser la navigation scénarisée et suivre les consignes », mais aussi lors des séries « Réaliser une enquête exploratoire opportuniste » (S2) et/ou « Réaliser une enquête non-utilitaire » (S3), puisqu'en visualisant des organes durant les enquêtes opportunistes et non-utilitaires, les binômes ont également été amenés à débattre du fonctionnement des organes en question. Les quatre macro-séquences de cette première série sont détaillées par la suite.

Série 2 : Réaliser une enquête opportuniste

Les enquêtes opportunistes sont des enquêtes finalisées par des objets de recherche qui ne sont pas demandés par les consignes du dispositif. Ainsi, pendant qu'ils naviguaient dans l'EV pour réaliser les consignes du dispositif, les stagiaires ont par moments interrompu leurs enquêtes en cours pour entreprendre une nouvelle enquête. Cette nouvelle enquête est finalisée par un objet qui devient pertinent pour le(s) stagiaire(s) à ce moment-là.

Un tel exemple d'enquête opportuniste est celle de Q (séance 3), concernant une porte de liaison se trouvant dans le bâtiment réacteur. Q était en train de lire les documents mis à disposition afin de pouvoir répondre à la question des conditions d'accès dans le bâtiment réacteur lorsque ce dernier est déséclusé (E) et de préparer sa restitution/présentation pour le débriefing (E). En lisant la documentation, une des conditions d'accès au bâtiment réacteur a été significative pour lui : « Lorsque 1 SAS est ouvert (essais ou travaux de maintenance), le nombre d'agents présents simultanément dans le bâtiment réacteur est limité à 100 en s'assurant que la liaison 17m vers 22m reste ouverte » (R) (Figure 59). En effet, il ne connaissait pas l'existence de cette liaison, ignorait son rôle, ce à quoi elle ressemble, et sa position dans le bâtiment réacteur (I).

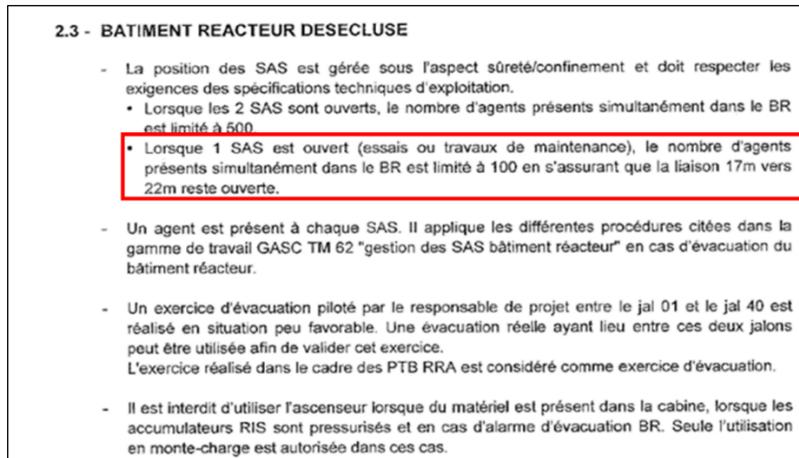


Figure 59. Extrait de la documentation portant sur les conditions d'accès dans le bâtiment réacteur.

Ce constat d'ignorance l'a conduit à aller visualiser cette liaison à l'aide de l'EV. Il s'est rendu aux niveaux 17m et 22m [Uk+4, Uk+6] en utilisant le plan 2D. Q a inspecté attentivement les deux niveaux, mais le manque d'informations concernant cette liaison ne lui a pas permis d'avancer dans son enquête. Ce manque d'informations sur le plan 2D l'a amené à solliciter F3 (E) par une question. F3 a demandé à Q s'il était allé voir au niveau des escaliers (R). Q a interprété cette réponse en forme de question comme un encouragement à passer sur les photos sphériques en cliquant sur les points rouges¹²⁵. Q a choisi une photo se trouvant au niveau des escaliers. Il ne savait toujours pas à cet instant à quoi ressemblait la liaison ni l'endroit où elle se situait. Quand la photo s'est ouverte, Q a pivoté à 360° horizontalement et verticalement afin de visualiser si des éléments pouvaient l'aider dans sa recherche (E). Il a arrêté son mouvement de rotation lorsqu'il a entendu F3 lui dire « voilà la porte de liaison » (R), en pointant une porte sur l'écran. Il a alors construit le type [liaison : est une porte qui se situe au milieu des escaliers].

Après avoir identifié la porte-liaison (Tableau 48), Q a repris son exploration des lieux en pivotant afin de construire des connaissances sur l'espace environnant. Ses Préoccupations à ce moment-là étaient les suivantes : (i) se situer par rapport aux escaliers, (ii) se situer par rapport au bâtiment dans son ensemble en regardant le « radar » dans la fenêtre en haut à droite, (iii) connaître quel matériel se trouve près des escaliers, et (iv) se créer des repères pour de futures entrées dans le bâtiment réacteur réel. Parallèlement, il a construit les types [porte de liaison : doit être déverrouillée pour que les agents puissent évacuer le bâtiment réacteur par le deuxième sas si

¹²⁵ Symbole qui représente les photos sphériques de l'EV.

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

besoin] et [déverrouillage de la porte de liaison : permet d'emprunter le second sas du bâtiment réacteur].

Tableau 48. Extrait de l'analyse locale de Q lors de l'enquête opportuniste de la porte de liaison.

Signe k+15
<p>Unité Élémentaire : Action : Focalise / arrête de faire pivoter la photo sphérique sur la porte pendant quelques instants pour visualiser la liaison.</p>
<p>Engagement : Cherche à comprendre le rôle de la porte de liaison.</p>
<p>Actualité Potentielle : Attentes liées à des informations complémentaires de F3 en lien avec le rôle de la porte.</p>
<p>Référentiel : F3 a une grande expérience métier et sait de quelle liaison il s'agit.</p>
<p>Représentamen : Apparition d'un discours : mots de F3 « Elle est là »</p>
<p>Interprétant</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construction d'un type : liaison : est une porte qui se situe juste devant eux. • Renforcement d'un type : liaison : se trouve près des escaliers et plus particulièrement au milieu entre les niveaux 17m et 22m. • Abduction pratique : Fait l'hypothèse que F3 va lui donner davantage d'informations en lien avec le rôle de la porte.
Signe k+16
<p>Unité Élémentaire : Action : Écoute F3 en train de lui expliquer pourquoi cette porte doit être déverrouillée.</p>
<p>Engagement : Cherche à comprendre le rôle de la porte de liaison.</p>
<p>Actualité Potentielle : Attentes liées à des informations complémentaires de F3 en lien avec le rôle de la porte.</p>
<p>Référentiel :</p> <ul style="list-style-type: none"> • F3 a une grande expérience métier et sait de quelle liaison il s'agit. • Le bâtiment réacteur a deux sas, un à 6m60 et un second à 22 mètres.
<p>Représentamen : Apparition d'un discours : mots de F3 « Cette porte, elle est verrouillée fermée. Donc si elle n'est pas déverrouillée tu ne peux pas »</p>
<p>Interprétant :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construction d'un type : porte de liaison : doit être déverrouillée pour que les agents puissent évacuer le bâtiment réacteur par le deuxième sas si besoin. • Construction d'un type : déverrouillage de la porte de liaison : permet d'emprunter le second sas du bâtiment réacteur
Signe k+17
<p>Unité Élémentaire : Action : Change de niveau et vérifie s'il y a une telle porte à tous les niveaux.</p>
<p>Engagement : Cherche à savoir s'il y a une porte de liaison à tous les niveaux.</p>
<p>Actualité Potentielle : Attentes liées à découvrir l'existence ou l'absence d'une porte de liaison.</p>

Référentiel : F3 a une grande expérience métier et sait de quelle liaison il s'agit.
Représentamen : Apparition d'un discours : mots de F3 « Non, t'en as juste entre 17 m et 22m, des deux côtés sur les deux escaliers. C'est le seul endroit où tu as les portes, autrement tu n'as pas de portes. »
Interprétant : <ul style="list-style-type: none">• Construction d'un type : Il n'y a pas de porte aux autres niveaux, uniquement entre 17 et 22 mètres.• Construction d'un type : Il existe deux portes de liaison sur les deux escaliers du bâtiment réacteur.

En écoutant F3 lui donner des informations complémentaires au sujet des sas d'entrée et de secours, il s'est posé la question de savoir s'il existait ce type de porte à chaque niveau ou uniquement entre les niveaux 17 et 22 m. Tout en posant la question à F3 (et avant même d'avoir fini sa question), il a appuyé sur une autre photo sphérique qui lui a permis de visualiser l'environnement des escaliers au niveau 14m. Il a pivoté de la même manière dans la photo sphérique, cherchant à voir s'il y avait une porte de liaison (E). F3 qui devinait son questionnement¹²⁶, lui a tout de suite indiqué qu'il n'y avait pas de porte de liaison à tous les niveaux, mais uniquement sur les escaliers se trouvant entre 17 et 22 mètres des deux côtés du bâtiment réacteur (I).

Cet extrait illustre une Préoccupation spécifique des stagiaires qui ne vise pas la réalisation des consignes, mais se rapproche d'une recherche « libre » dans l'EV. Le terme opportuniste est choisi pour mettre l'accent sur le fait que ce type d'enquête n'est pas encouragée par les consignes et la scénarisation et qu'elle émerge suite à une opportunité offerte par l'environnement du stagiaire. Cette « enquête dans l'enquête » n'est par articulée aux questions auxquelles les stagiaires doivent répondre dans le cadre du dispositif, mais répond à des questionnements propres aux stagiaires. Cependant, ce type de débrayage est rendu possible par la scénarisation du dispositif. Le temps à disposition des stagiaires est suffisamment important pour qu'ils puissent aussi regarder et explorer d'autres éléments ou espaces que ceux directement utiles pour la réalisation des consignes du dispositif. Le formateur encourage, ou plutôt ne vise pas à freiner ou décourager ces enquêtes dans l'enquête. Cette activité des stagiaires est convergente avec les Préoccupations fondamentales et les attentes du formateur relatives à l'intérêt formatif de l'exploration du bâtiment réacteur.

Ces enquêtes opportunistes sont pour les stagiaires des opportunités de construction de nouveaux types, de mobilisation de types acquis, liées à leurs interrogations et constats d'ignorance. Ces enquêtes ont permis d'amorcer des discussions et des débats entre les stagiaires et les formateurs,

¹²⁶ Q n'a pas encore formulé entièrement sa question quand F3 lui répond.

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

soit durant la navigation scénarisée, soit durant l'étape du débriefing. Les échanges entre Q et F3 au sujet de la porte de liaison, détaillés précédemment, ont initié un échange avec un autre stagiaire qui s'est approché du poste de Q les ayant entendus. Une discussion collective a donc débuté avec de nouveaux questionnements de la part de Q, par exemple celui de savoir qui détient la clé de la porte de liaison (pour la déverrouiller).

Série 3 : Réaliser une enquête non-utilitaire

La troisième série porte sur la réalisation d'une enquête non-utilitaire. Ce type d'enquête, contrairement aux enquêtes prescrites par le dispositif et les enquêtes opportunistes, n'est pas finalisée par un objet de recherche concret. Ces enquêtes, qui ont une durée moins longue, consistent à « contempler l'espace », à s'imprégner de l'environnement sans avoir un objet précis de recherche. Même si ces enquêtes sont principalement présentes lors de la phase de navigation libre, certaines émergent durant la phase de navigation scénarisée, notamment quand les stagiaires sont amenés à se rendre dans des locaux qu'ils ne connaissent pas et qu'ils doivent explorer l'environnement et les organes s'y trouvant. La relative courte durée de ces enquêtes, permettant de « faire une pause » dans la résolution de l'enquête principale, a permis aux stagiaires d'explorer des lieux près des organes recherchés.

À titre d'exemple, lors de la réalisation de son Scénario-enquête, VI (séance 3) devait passer par le niveau de la piscine à 22 mètres. Durant son trajet, il est arrêté longuement pour pivoter dans différentes photos sphériques autour de la piscine sans pour autant chercher un organe en particulier. Sa Préoccupation à cet instant était de regarder et s'appropriier les lieux et les différents organes s'y trouvant (E), sur un registre qui est celui de la curiosité et de l'intérêt (Tableau 49).

Tableau 49. Extrait de l'autoconfrontation de VI.

<p><i>C. : Et à ce moment-là qu'est-ce que tu recherches ?</i></p> <p><i>VI : J'étais en train de regarder, ça, ce n'était pas pour répondre aux consignes. Je regardais vraiment. En gros là ça m'a interpellé, donc j'ai regardé pendant que je discutais avec F3.</i></p> <p><i>C. : Et est-ce qui t'a interpellé à ce moment-là ?</i></p> <p><i>VI : Ben j'aime bien quand je suis à 22m je trouve que c'est intrigant, la cuve tout ça, alors donc je regardais mieux, parce que tu sais des fois tu passes sans forcément t'arrêter pour regarder, mais vu que là ça fait longtemps que je n'ai pas été dans le bâtiment réacteur, donc je regarde l'agencement des différents organes, je regarde comment c'est fait quoi.</i></p>

Série 4 : Comprendre le fonctionnement et possibles de l'EV

La quatrième série consiste à comprendre le fonctionnement et les possibles de l'EV. Cette Préoccupation était particulièrement présente chez les stagiaires ayant connu la première génération du dispositif dans la mesure où ces derniers ne disposaient pas d'une phase de navigation libre pour se familiariser avec l'EV. Cependant, cette Préoccupation était également présente chez les autres stagiaires, notamment au moment de réaliser le cheminement en utilisant la fonctionnalité « GPS¹²⁷ ».

IV 3.2.2 Réaliser la navigation scénarisée et suivre les consignes

Comprendre ce qui est demandé par les consignes et préparer la navigation

La première macro-séquence décrit l'enchaînement des actions et communications des acteurs lorsqu'ils découvrent l'Enquête-papier qu'ils sont amenés à réaliser. Cette macro-séquence est constituée de trois séquences (Tableau 50) qui structurent l'organisation des différentes actions entreprises par les acteurs avec une cohérence séquentielle en s'engageant dans la réalisation de la navigation scénarisée.

Tableau 50. Séquences de la macro-séquence « Comprendre ce qui est demandé par les consignes ».

Macro-séquence 1	Séquences
Comprendre ce qui est demandé par les consignes et préparer la réalisation de la manœuvre	<ol style="list-style-type: none">1. Récolter les informations nécessaires pour la réalisation de la manœuvre.2. Hiérarchiser les questions et définir la démarche de réalisation de la manœuvre.3. Croiser les informations données par les consignes avec d'autres sources (documents, schémas, scénario).

Les stagiaires ont commencé, dans leur majorité, par lire l'ensemble des questions du scénario afin d'avoir une vision d'ensemble de ce qui était demandé. À partir de la troisième question, les stagiaires avaient à leur disposition des documents opératoires relatifs à la manœuvre à réaliser, qu'ils ont pris le temps de parcourir en début de séance pour comprendre le contexte de leur intervention (début d'arrêt de tranche, fin d'arrêt de tranche, entrée dans le bâtiment réacteur en

¹²⁷ Fonctionnalité « GPS » : Fonctionnalité de l'EV qui permet de créer un cheminement entre au moins deux emplacements dans le bâtiment réacteur

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

puissance, etc.), mais aussi les conditions d'accès dans le bâtiment réacteur (avec port d'Appareil Respiratoire Isolant, tenue de protection adaptée, autorisation réglementaire, etc.).

Certains stagiaires se sont également interrogés sur la hiérarchisation des différentes questions. Certains, comme Q, ont décidé de ne pas réaliser les questions dans l'ordre proposé. Q a préféré trouver d'abord les organes qu'il considérait comme plus faciles à localiser, pour ensuite se concentrer sur les autres. Lors de l'autoconfrontation, Q indique :

« *La façon dont j'ai procédé, la façon dont j'ai ciblé les choses que je connaissais déjà, les choses qui pour moi sont les plus faciles ou pas. J'ai commencé par les choses les plus simples comme ça dans le temps par rapport au temps qu'on a eu pour le faire, je me suis dit, ça je vais passer le moins de temps dessus, ça va être fait comme ça je vais me dégager un maximum de temps après pour faire le reste.* » (Extrait d'AC. Q, séance 3, GrA).

Contrairement à Q, Vn et Y ont décidé de commencer par les questions qui leur semblaient les plus difficiles, en se disant qu'ils traiteraient des questions les plus faciles à la fin quand ils seraient plus fatigués. V1 a, pour sa part, décidé de commencer par identifier les locaux dans lesquels étaient les organes recherchés à l'aide du moteur de recherche et de réaliser le cheminement avec la fonctionnalité du « GPS¹²⁸ ». Malgré les différences entre les stratégies mises en œuvre par chaque stagiaire ou binômes, il est intéressant de noter que tous ont pris le temps de bien comprendre la manœuvre et ce qui était demandé avant de commencer à rechercher le matériel.

Rechercher l'organe concerné par la manœuvre

La deuxième macro-séquence contient cinq séquences (Tableau 51) et rend compte du cours d'expérience réalisé par les stagiaires pour retrouver les organes concernés par les consignes du dispositif. En effet, pour répondre aux questions techniques concernant les différents organes, les stagiaires ont besoin de trouver physiquement ces organes, d'identifier de quel type de matériel il s'agit, et comment ils sont raccordés au circuit en question.

¹²⁸ La fonctionnalité « GPS » du dispositif ne nécessite pas forcément d'insérer l'endroit exact où se trouve l'organe, mais le local suffit pour qu'il réalise le cheminement.

Tableau 51. Séquences constituant la macro-séquence "Rechercher l'organe concerné par les consignes".

Macro-séquence 2	Séquences
Rechercher l'organe concerné par les consignes (Modes de recherche archétypes : <i>balayage total, balayage ciblé et recherche à partir du « gros matériel »</i>)	<ol style="list-style-type: none"> 4. Identifier le local dans lequel se trouve l'organe recherché. 5. Réfléchir au rôle du circuit de l'organe recherché. 6. Choisir une vue de l'EV où trouver un meilleur point de vue. 7. Identifier un organe (changement de point de vue/recherche des informations supplémentaires dans l'environnement). 8. Vérifier l'identité d'un organe (zoom et HD).

Les analyses du cours d'expérience des stagiaires lors de l'ensemble de recherches de matériel (N=50)¹²⁹ ont permis d'identifier trois modes de recherche archétypes lors de l'utilisation de l'EV dès lors que les stagiaires connaissaient le repère fonctionnel¹³⁰ : (i) la recherche par balayage total, (ii) la recherche par balayage ciblé par des indices et (iii) la recherche à partir du « gros matériel ». Ces trois modes de recherche archétypes sont présentés en détail dans la sous-section 3.3.

Répondre aux questions et imaginer l'intervention

La troisième macro-séquence est constituée de six séquences (Tableau 52) et concerne le cours d'expérience des acteurs lors de la réponse aux questions sur le fonctionnement et l'intervention sur les organes, qui avaient à retrouver dans l'EV. Après avoir trouvé le matériel recherché, les stagiaires ont à répondre à des questions techniques (e.g., « De quel type est le robinet 1 IJK 014 VL et quelle sa position de sécurité par manque de fluide de commande ? », « De quel type est le robinet 1 RAZ 022 VZ et comment réglez-vous une pression d'utilisation de 1.5 Bar ? »). Pour répondre à ces questions, les stagiaires ont discuté pour convenir d'une réponse commune. Ces moments ont été riches en échanges et débats entre les différents stagiaires et impliquaient parfois le formateur. Lors de certaines séances, à l'issue de cette macro-séquence, les stagiaires et le formateur se sont déplacés sur les maquettes physiques (Annexe) pour que les stagiaires y réalisent concrètement les manœuvres en question.

¹²⁹ Le nombre de recherches de matériel réalisé par chaque binôme varie (de 4 à 9) en fonction des différentes générations du dispositif. Le chiffre indiqué correspond à la somme des différentes recherches de différents binômes de chaque génération.

¹³⁰ Repère fonctionnel : Le repère fonctionnel d'un organe est son « numéro d'identité » grâce auquel les intervenants peuvent identifier son type, le système auquel il appartient, la fonction à laquelle il contribue et sa position relative sur le circuit.

Tableau 52. Séquences constituant la macro-séquence "Répondre aux questions et imaginer l'intervention."

Macro-séquence 3	Séquences
Répondre aux questions et imaginer l'intervention	9. Comprendre le fonctionnement et rôle d'un organe. 10. Choisir une vue de l'EV où trouver un meilleur point de vue. 11. Imaginer le contexte d'intervention ¹³¹ . 12. Réfléchir à la façon de réaliser la manœuvre. 13. Réfléchir aux conséquences provoquées à l'organe et à la centrale ¹³² . 14. Questionner le formateur ou un autre stagiaire avec plus d'expérience.

Les séquences « Imaginer le contexte d'intervention » et « Réfléchir aux conséquences provoquées sur l'organe et sur la centrale » concernent uniquement le cours d'expérience des stagiaires ayant réalisé les séances de la troisième génération. La particularité des consignes dans ces séances est que les stagiaires ont dû répondre à des questions relatives à une intervention fictive pour un cas de fuite dans le bâtiment réacteur. Les photos de l'EV ne représentaient donc pas l'environnement d'intervention tel que décrit par la scénarisation des consignes (vapeur partout, pression du fluide importante, vanne endommagée, intervention dans le noir avec une lampe de poche ...). L'écart entre ce qu'ils voyaient et les états des organes dans la scénarisation imposait d'imaginer i) l'état de l'environnement et de l'organe impacté par la fuite, et ii) la façon de résoudre cette fuite dans ces conditions incertaines.

L'exemple suivant illustre bien la macro-séquence 3 « Répondre aux questions et imaginer l'intervention ». M s'est questionné sur la façon d'intervenir pour arrêter la fuite sur une vanne XYZ. F3 l'a guidé dans sa réflexion en lui demandant de quel type était le robinet, et quelle était la méthode à appliquer pour rendre étanche ce type de robinet. M a répondu qu'il s'agissait d'un robinet pneumatique, et qu'il fallait mettre la vanne en back-seat. Mais il a également exprimé ses doutes concernant la façon de se protéger et d'accéder au robinet en cas de fuite. F3 n'a pas souhaité lui donner la réponse directement en lui indiquant qu'il reviendrait plus tard sur la manière de réaliser l'intervention. Il a cependant invité M à réfléchir aux avantages et inconvénients liés au back-seat, en lui rappelant qu'il s'agissait d'une fuite massive (300L/heure). À l'issue de cet échange, F3 est sorti de la salle avec un groupe de stagiaires.

¹³¹ Séquence documentée uniquement pour l'activité des acteurs lors du dispositif de troisième génération.

¹³² Séquence documentée uniquement pour l'activité des acteurs lors du dispositif de troisième génération.

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

M est resté seul dans la salle avec K, un stagiaire d'un autre groupe. M s'interrogeait toujours sur l'intervention à réaliser dans le cas d'une telle fuite. Pour arrêter la fuite, il fallait selon lui fermer les vannes d'air qui sont juste à côté de la vanne XYZ concernée. Il considérait qu'il était probablement dangereux que beaucoup de vapeur s'échappe d'un circuit contaminé et s'imaginait qu'il devait être impossible de s'approcher et mettre les mains dans la vapeur pour fermer le robinet. M a indiqué lors de l'autoconfrontation :

« Il y avait une grosse fuite sur la vanne et on a une projection de vapeur autour, je me dis que si là, on a plein d'éjections de vapeur, on ne pourra pas s'approcher plus que ça pour fermer les petites vannes qui sont juste en dessous. Pour notre sécurité, c'est peut-être un peu limite. [...] Si on avait une grosse fuite là, avec les deux vannes d'air juste vraiment à côté, c'était un peu chaud pour les fermer. [...] si on a à fermer l'air ou quoi, c'est vraiment juste à côté. Si par exemple, il y a de forts dégagements de vapeur, c'est impossible d'aller mettre les mains là-dedans » (Extrait AC, M).

M a demandé à K son avis sur la façon d'intervenir pour arrêter la fuite du robinet XYZ. K lui a répondu que puisqu'il s'agissait d'une vanne pneumatique, il n'avait qu'à fermer la vanne d'alimentation en air et mettre en back-seat. Cette réponse n'a pas satisfait M qui avait déjà identifié la procédure à suivre, mais se posait la question de savoir si, dans le contexte d'une fuite de 300L/heure, il pouvait accéder la vanne d'air pour l'arrêter et mettre la vanne XYZ en back-seat. Il précisa alors à K : « Non, parce qu'il disait [F3] : "tu as une fuite et tu en prends plein la tête quand tu arrives sur place et tout" » (Extrait des communications lors de la situation de formation). Les deux stagiaires ont poursuivi la discussion en formulant plusieurs hypothèses et en essayant de trouver une solution dans le cas d'une fuite importante.

M était à ce moment-là plongé dans un tourbillon de doutes concernant la façon d'intervenir sur la vanne d'air lors d'un fort dégagement de vapeur (dû à la fuite à proximité). Il connaissait la procédure à suivre en cas de fuite sur une vanne XYZ (isoler la vanne d'air, fermer la vanne XYZ, mettre la vanne XYZ en position back-seat) (S), mais connaître finalement cette procédure ne l'aidait pas à savoir quelle était la manière d'intervenir réellement dans un tel cas spécifique (comment se protéger, comment approcher ce robinet...). Il a alors fait plusieurs hypothèses en imaginant l'ensemble des modalités possibles d'intervention en cas d'importants dégagements de vapeurs, et les contraintes associées. Il savait que le circuit à l'origine de la vapeur est

potentiellement contaminé (S). Donnant la priorité à la sécurité, il a alors essayé de trouver des solutions pour arrêter la fuite sans devoir « *mettre les mains dans cette vapeur* ».

Préparer le débriefing

Cette quatrième macro-séquence, constituée de deux séquences (Tableau 53), concerne le cours d'expérience de préparation du débriefing des stagiaires.

Tableau 53. Séquences constituant la macro-séquence "préparer le débriefing".

Macro-séquence 4	Séquences
Préparer le débriefing	15. Réaliser un cheminement le plus pertinent possible. 16. Sélectionner les vues à utiliser pour rendre compte du cheminement de la fonction « GPS ». 17. Sélectionner les captures à montrer pendant le débriefing.

Après avoir retrouvé le matériel et répondu ont questions, les stagiaires ont préparé le cheminement à montrer aux autres binômes lors du débriefing. Les stagiaires ont sélectionné la vue qu'ils voulaient utiliser pour rendre compte de leur cheminement réalisé avec la fonction « GPS ». La plupart d'entre eux ont utilisé la vue 3D pour afficher, voir et poursuivre un cheminement fluide tandis que certains binômes ont préféré utiliser un enchaînement de photos sphériques. Certains stagiaires avaient réalisé plusieurs captures d'écran des organes « pertinents » et ont sélectionné les captures qui montraient le mieux les organes en question - en combinant souvent des vues en plan plus large avec des plans serrés sur certaines composantes de l'organe.

IV 3.3 Modes de recherche archétypes du matériel dans l'EV

Comme documenté par la Macro-séquence « Rechercher les organes concernés par la manœuvre », les stagiaires ont cherché le matériel indiqué par les consignes. Les résultats permettent de distinguer trois modes de recherche archétypes : i) le *balayage total*, ii) le *balayage orienté* à partir d'indices¹³³, et iii) la *recherche orientée par le gros matériel*. Ces trois modes de recherche archétypes se distinguent par la mobilisation de types pendant la recherche (Référentiel), la nature de ces types, et leur mise en relation avec les éléments significatifs pour les acteurs à cet instant (Representamen).

¹³³ Ici le terme indices est employé au sens commun et pas au sens d'indice comme catégorie de la trichotomie que fait Peirce au signe (icône/indice/symbole).

IV 3.3.1 Balayage total

Le *balayage total* est un mode de recherche dans lequel les stagiaires ne mobilisent pas de types spécifiques à l'objet de leur recherche. Ainsi, après avoir pris connaissance du repère fonctionnel de l'organe recherché, les stagiaires ont tous utilisé le « moteur de recherche¹³⁴ » qui leur permet de se rendre dans le local dans lequel se trouve l'organe identifié par le repère fonctionnel. Une fois dans le local, ils ont cherché l'organe en « balayant » pas à pas, et plus ou moins méthodiquement, les images en question.

À titre d'exemple, quand T a voulu trouver une armoire électrique, il a visualisé le local qui s'affichait avec sur le plan 2D (Figure 60), puis il s'est téléporté à l'extrémité de ce local pour le balayer dans son ensemble jusqu'à retrouver l'armoire. T indique lors de l'autoconfrontation :

« On sait qu'on se trouve dans le bon local, donc un coup à droite, un coup à gauche et on continue, on arrivera bien à la trouver » (Extrait AC, T).

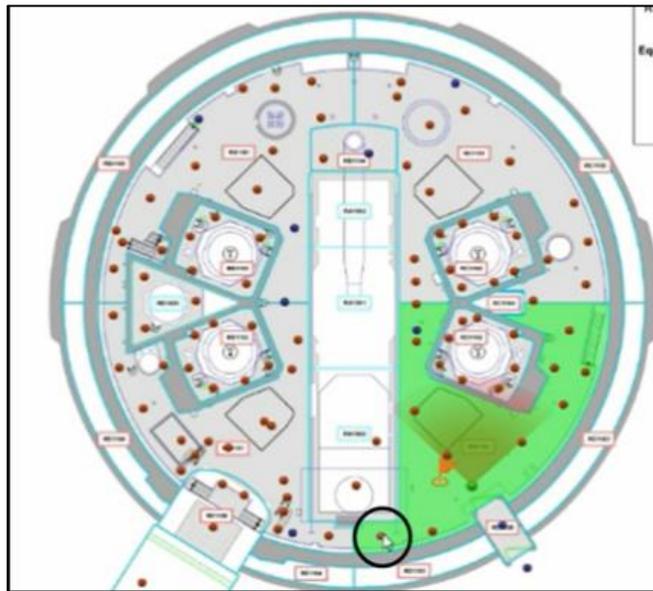


Figure 60. Capture d'écran de la photo sélectionnée par T pour réaliser son enquête.

¹³⁴ « Moteur de recherche » : Fonctionnalité de l'EV permettant de trouver le local dans lequel se situe un organe à partir de son repère fonctionnel

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

Ainsi, en mobilisant les types non spécifiques et plutôt liés à l'usage de l'EV [armoire LKN : se trouve dans le local présenté en vert] et [points rouges : sont des photos sphériques], il a sélectionné une photo se trouvant à l'extrémité du local et a commencé à rechercher l'armoire électrique (Tableau 54).

Tableau 54. Signe hexadique lors du début de la recherche de l'armoire électrique par T.

U298 : Sélectionne une photo sphérique se trouvant au bord du local donné par l'EV
E : Cherche à balayer le local pour retrouver l'armoire demandée en commençant par la limite du local.
E : Cherche à visualiser le coin près de l'entrée du sas dans le local donné par l'EV.
A : Attentes liées à retrouver l'armoire dans le local indiqué par l'EV.
R : Local dans lequel se trouve le tableau LKN d'après l'EV.
S : [points rouges] : sont des photos sphériques.
S : [armoire LKN] : se trouve dans le local présenté en vert.
I : Pas documenté

Ce mode de recherche a également été utilisé par Fc (séance 1), qui ne connaissait pas le système élémentaire de la vanne qu'il recherchait. Cette absence de types spécifiques à ce système élémentaire ne lui a pas permis de délimiter sa recherche à partir du repère fonctionnel. Il a opté pour un balayage total de l'ensemble du local en cherchant à lire le repère fonctionnel de chaque vanne rencontrée jusqu'à « tomber » sur celle recherchée. La démarche de Fc était la suivante : choisir pour chaque vanne une photo permettant de visualiser le repère fonctionnel (E), zoomer pour se rapprocher, et passer en mode HD pour lire l'étiquette (S). Quand le numéro de la vanne ne correspondait pas à celui recherché, il dézoomait et reprenait la même procédure avec la vanne contiguë. Fc indique en autoconfrontation :

« En se baladant, en fait au départ on était dans le bon secteur et voilà. Donc c'est toujours pareil, quand on ne connaît pas, on balaie » (Extrait AC, Fc).

Aussi, le mode « balayage » total a été observé à la fois quand les stagiaires n'ont pas encore construit des types spécifiques leur permettant d'orienter leur recherche, mais également lorsqu'ils étaient incapables de mobiliser à cet instant des types déjà construits.

IV 3.3.2 Balayage orienté par des indices

Lors d'une recherche par *balayage orienté* par des indices, les stagiaires réduisent leur champ de recherche à partir de types acquis qu'ils mobilisent et qui permettent un réseau d'inférences. La différence avec le *balayage total* est que les stagiaires restreignent cette recherche uniquement aux organes qui remplissent certaines conditions. Ces conditions, qui jouent le rôle d'indices dans leur recherche, sont spécifiées à partir des types ou relations entre types mobilisés ou construits lors de l'enquête. La Figure 61 illustre ce mode de recherche, où un binôme de stagiaires cherchant une vanne électrique n'a ni zoomé, ni basculé au mode HD pour lire les étiquettes de toutes les vannes. Ces derniers ne l'ont fait que pour les vannes qui étaient raccordées à un moteur électrique. Ainsi en orange transparent est illustré le champ de vision quand ils ont pivoté dans la photo sphérique, tandis qu'en orange opaque quand ils ont fait un zoom et ont mis en HD la photo après avoir repéré une vanne raccordée à un moteur électrique. En faisant un zoom et en passant en HD, leur Préoccupation était de pouvoir lire le repère fonctionnel et identifier s'il s'agissait de la vanne recherchée. Les flèches rouges indiquent la trajectoire des stagiaires dans le local.

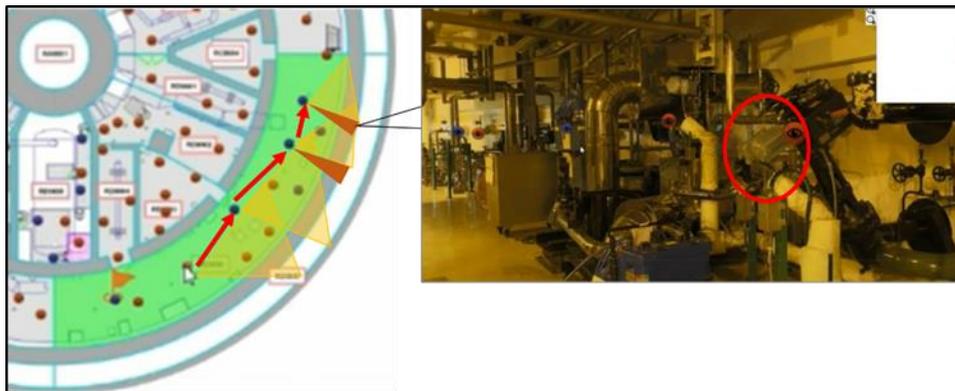


Figure 61. Balayage ciblé par des indices. À gauche un plan qui illustre le cheminement des stagiaires, et à droite un zoom sur une vanne électrique.

Une illustration de ce même mode de recherche est celle de la recherche de la vanne IJK014VL par Vn et Y. Le premier type mobilisé par les stagiaires est que [la vanne IJK014VL : est une purge du générateur de vapeur]. Le trigramme IJK¹³⁵ signifie que la vanne est raccordée au circuit qui sert à purger le générateur de vapeur [IJK014VL : purge du générateur de vapeur]. L'expérience professionnelle d'Y lui a permis de mobiliser un autre type [purges : situées contre les murs]. Ce

¹³⁵ L'Annexe 15 précise les différents types que les stagiaires peuvent déduire à partir du repère fonctionnel.

type est issu de son expérience passée en tant que technicien dans une centrale thermique (Tableau 55). Ces types déjà construits circonscrivent le champ de recherche des stagiaires dans le local indiqué par le moteur de recherche. Les stagiaires ont commencé à balayer le local en vérifiant que l'identité des vannes se trouvant à proximité des murs du local sans s'attarder sur celles se trouvant au centre de celui-ci.

Tableau 55. Extrait des verbalisations en situation de formation, Y et Vn.

Actions et verbalisations en situation de formation- Y et Vn recherchent IJK014VL

Y : Là c'est une purge.
Vn : Une purge ? Comment ça c'est une purge ?
Y : C'est une purge, IJK c'est une purge, enfin c'est...
Vn : C'est les purges du générateur de vapeur.
Y : Oui, donc ça peut être contre le mur, (en montrant à Vn vers ou aller dans l'image) les purges ils les balancent toujours contre les murs.
Vn : Ah oui ? Pourquoi ?
Y : Je n'en sais strictement rien, c'est la conception, j'ai fait 10 ans en tant que technicien dans une centrale. C'est pour ça que je sais que les purges sont contre les murs, c'est toujours la même philosophie.

Les indices que les stagiaires utilisent pour circonscrire leur enquête peuvent être issus soit de la mobilisation de types déjà construits, soit de types construits progressivement lors de l'enquête elle-même. Dans ce deuxième cas, la plupart du temps, ces indices sont issus de types hypothétiques construits provisoirement durant l'enquête dans l'EV¹³⁶.

IV 3.3.3 Recherche par le gros matériel

Le troisième mode de recherche archétypique consiste à chercher à partir d'un matériel significatif, renvoyant la plupart du temps à ce qu'ils appellent un « gros matériel¹³⁷ ». Les stagiaires cherchent à identifier le gros matériel qui « comme un phare » va les guider dans leur recherche et délimiter le champ des possibles. Ce type de recherche conduit les stagiaires à se rendre directement à l'endroit du local où se trouve le gros matériel et « à remonter l'enquête » vers les organes se trouvant raccordés au gros matériel.

Par exemple, lors de la recherche d'une vanne ABC261VZ, S1 et J ont mobilisé les types [vanne ABC261VZ : est une vanne du circuit ABC] et [vanne ABC261VZ : doit être à proximité de

¹³⁶ Cela est notamment le cas lors des enquêtes à dominante abductive (voir section 3.4)

¹³⁷ Gros matériel : dénomination utilisée couramment par les agents de la centrale nucléaire en faisant référence aux principaux composants du circuit primaire (circuit dans lequel a lieu la réaction nucléaire) par exemple la cuve, les générateurs de vapeur, les accumulateurs ABC, les groupes motopompes primaires, le pressuriseur...

l'accumulateur ABC¹³⁸]. Ceci les a conduits à penser que la vanne devait être proche d'un des quatre accumulateurs ABC. Ils se sont alors directement déplacés vers l'accumulateur ABC sans vérifier l'identité des vannes croisées en chemin. SI indique en autoconfrontation :

« Ce qui est bien là, c'est qu'on a le gros matériel. À partir des gros matériels on sait se repérer à peu près, comme sur les schémas la première chose qu'on voit c'est le gros matériel, et à partir de ça on retrouve la vanne, c'est un repère. Donc on est déjà dans le bon local, on a le gros matériel, on réduit déjà pas mal le champ de recherche » (Extrait AC, SI).

Ce troisième mode de recherche « par le gros matériel » ne permet pas à lui seul de trouver un organe. Il permet cependant de délimiter l'espace ou les tuyauteries pertinentes à suivre pour retrouver l'organe. Ainsi une recherche par le gros matériel est suivie soit d'un balayage total, soit d'un balayage orienté si une fois à proximité du gros matériel les stagiaires mobilisent d'autres types réduisant encore le champ des possibles.

La recherche de la vanne ABC par Y et Vn, présentée dans son intégralité en Annexe (Annexe 7), est un exemple de l'enchâssement des modes de recherche archétypiques. Les stagiaires ont commencé leur recherche, guidés par le gros matériel (accumulateur ABC). Une fois arrivés à proximité de l'accumulateur ABC ces derniers ont entamé un balayage total de l'environnement en regardant (zoom et HD) toutes les étiquettes de toutes les vannes raccordées à l'accumulateur. Ne trouvant pas la vanne recherchée, Y s'est à nouveau appuyé sur le gros matériel pour proposer à Vn d'aller regarder les vannes se trouvant à proximité du deuxième accumulateur ABC (compte tenu de la présence d'un deuxième accumulateur). Cependant, en mobilisant les types [vannes en série : les repères fonctionnels sont différents aux décades] et [vanne ABC251VZ : se trouve sur le premier accumulateur], Vn en a déduit que la vanne recherchée (ABC261VZ) devait forcément se trouver sur le même accumulateur (premier) et non sur le second. Aussi, il a préféré poursuivre la recherche autour du premier accumulateur en balayant toutes les vannes se trouvant à proximité et a fini par retrouver la vanne recherchée.

¹³⁸ Accumulateur ABC (accu ABC) : Les accumulateurs ABC sont des réservoirs sous pression se vidant automatiquement dans le circuit de refroidissement du réacteur, lorsque sa pression est anormalement basse.

IV 3.3.4 Enchaînement et enchâssement des trois modes de recherche archétypes

Dans la majorité des cas, les trois modes de recherche sont apparus comme étant enchaînés et enchâssés, notamment lorsque les acteurs construisaient et mobilisaient progressivement de nouveaux types au cours de la recherche, mais aussi lorsqu'ils se retrouvaient dans des moments d'incompréhension et donc d'impossibilité d'avancer dans leur recherche.

Pour pallier la difficulté liée au premier cas de figure, les stagiaires ont surtout construit des types en discutant entre eux, avec le formateur ou en s'appuyant sur la documentation mise à disposition. Dans le deuxième cas de figure, les stagiaires se retrouvaient contraints de remettre en question la façon dont ils avaient conduit leur recherche et d'invalider certains types hypothétiques. À titre d'exemple, après avoir réalisé un *balayage total* dans le local, puis avoir essayé une *recherche par le gros matériel* sans résultat, SI et Y sont retournés au plan 2D pour vérifier s'ils avaient bien balayé l'intégralité du local. En mobilisant les types sur l'usage de l'EV [photos sphériques bleues : sont celles qui ont été ouvertes] [photos sphériques rouges : n'ont pas été ouvertes], ils se sont alors rendu compte qu'ils n'avaient pas balayé la totalité du local (Figure 62). Ce constat fait, ils ont interrompu leur *recherche par le gros matériel* et ont repris un *balayage total*, notamment à l'endroit où les photos sphériques n'avaient pas été ouvertes.

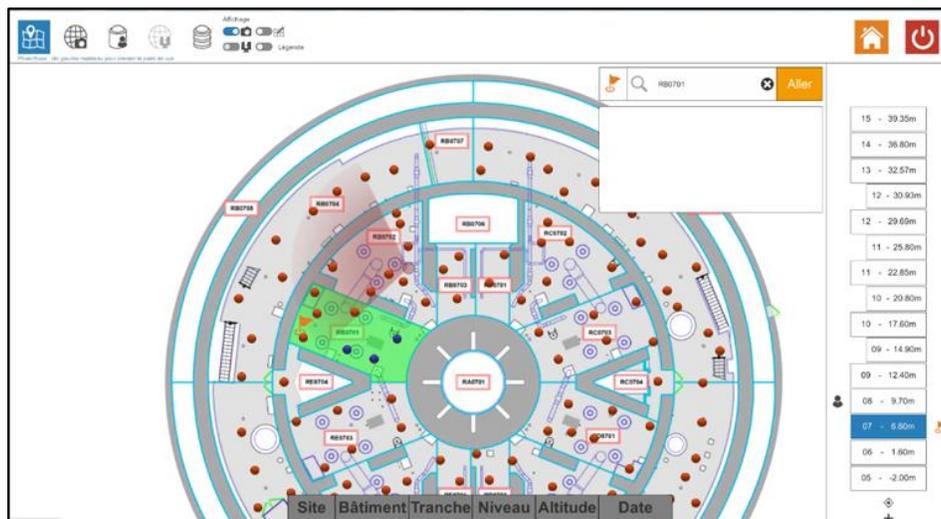


Figure 62. Le local en vert est celui dans lequel se trouve la vanne. En bleu les photos sphériques qui ont été ouvertes et en rouge celle qui ne l'ont pas été.

L'analyse de ces modes de recherche archétypes est intéressante dans la mesure où elle permet de faire une analogie avec les façons de rechercher des organes sur le terrain (dans le bâtiment réacteur

réel). C'est également l'occasion pour les stagiaires de partager entre eux les types qu'ils ont mobilisés pour réaliser leur Enquête-papier. Le fait qu'il n'y ait aucune contrainte temporelle ni d'exposition dans le bâtiment réacteur virtuel (et qu'il s'agisse d'une situation de formation) permet l'expropriation des types mobilisés lors de la recherche. Par ailleurs, à partir de la deuxième génération du dispositif, le formateur a incité les stagiaires à présenter pendant le débriefing non seulement l'organe recherché, mais également leur « méthode de recherche ».

IV 3.4 Enquêtes abductives, déductives et inductives

L'analyse des différents modes de recherche permet de préciser la façon dont se transforme le Référentiel des acteurs lorsqu'ils (i) mobilisent les différents types et relations entre types, (ii) construisent de nouveaux types pendant l'enquête, et (iii) invalident ou renforcent des types et relations entre types. Le recours aux signes hexadiques et aux modalités d'inférences de Peirce (abduction, déduction, induction) permet de renseigner les différents types d'enquêtes : des enquêtes à dominante abductive, des enquêtes à dominante déductive, et des enquêtes à dominante inductive. Les résultats montrent tout d'abord que la majorité des enquêtes déployées dans le cours d'expérience des stagiaires sont déductives ou abductives, et assez rarement inductives.

Les termes d'abduction, déduction et induction, issus des travaux de Peirce (1978) et présentés dans le chapitre 3, font référence aux trois types d'inférences. Pour rappel, un raisonnement déductif est un raisonnement qui, en appliquant une règle (prémisse vraie) sur un cas permet d'identifier le résultat qui sera également vrai (Tableau 56). L'abduction est un raisonnement permettant de formuler une hypothèse qui, en s'appuyant sur une règle peut expliquer un résultat donné. L'induction repose sur la généralisation d'un ou plusieurs cas en règle.

Tableau 56. Inférences et correspondance avec les composantes du signe hexadique.

	Référentiel	Representamen	Interprétant
Abduction	Règle	Résultat	Cas (hypothèse explicative)
	[vanne à commande déportée : traversée et tête de la vanne se trouvent dans deux locaux distincts]	[EV indique deux locaux dans lesquels peut se trouver la vanne recherchée]/ [absence de repère fonctionnel sur la traversée]	[traversée recherchée : est une vanne à commande déportée.]
Déduction	Règle	Cas	Résultat (vrai si les prémisses sont vraies)
	[circuit FGH] : circuit de refroidissement]	[traversée recherchée : appartient au circuit FGH]	[Traversée recherchée : sera d'un gros diamètre et de couleur verte]
Induction	Cas	Résultat	Règle (Construction d'une nouvelle règle)
	[traversée FGH079VN : vanne à commande déportée]	[repère fonctionnel : se trouve sur la tête de la vanne et pas sur le corps de la vanne]	[vannes à commande déportée : repère fonctionnel se trouve sur la tête de la vanne]

Pour illustrer les différents types d'enquêtes pendant la réalisation du dispositif nous nous appuyerons principalement sur la transformation et les sous-catégories de l'Interprétant (dans sa relation avec le Référentiel). Dans l'entreprise d'élaboration d'une hexatomie du signe hexadique, Theureau (2009, 2015) mobilise ces notions d'abduction, induction et déduction pour décrire les différentes sortes d'Interprétants. Sans avoir mobilisé l'ensemble des différentes sous-catégories du signe hexadique, il est apparu pertinent dans le cadre de cette étude de tenter de repérer les Interprétants selon qu'il s'agisse d'abductions, de déductions ou des inductions. Ce repérage des Interprétants et de leurs enchaînements a permis de caractériser les différents moments de l'enquête. La recherche de la traversée enceinte¹³⁹ FGH079VN par Q (séance 3) est utilisée ici à titre d'illustration. En cherchant la traversée¹⁴⁰ FGH079VN, Q a utilisé le moteur de recherche¹⁴¹ de l'EV afin d'identifier le local dans lequel se trouve la vanne (E). Ce dernier a été surpris de voir

¹³⁹ Enceinte du bâtiment réacteur : c'est le mur extérieur du bâtiment réacteur.

¹⁴⁰ Les mots « vanne », « traversée » et « conduite » seront utilisés par la suite comme synonymes, même si d'un point de vue technique il y a des différences entre ces termes.

¹⁴¹ Nous employons le terme « moteur de recherche » pour décrire la fonction de l'EV permettant de retrouver le local dans lequel se trouve un organe à partir du repère fonctionnel (repère fonctionnel étant l'identité de l'organe). Dans l'EV, cette fonction est nommée « téléportation ». Nous employons le terme fonction de « recherche » et non fonction de « téléportation », car nous employons le terme « téléportation » pour le mode de déplacement d'une photo sphérique à une autre, comme défini dans la littérature du champ de la réalité virtuelle (Fuchs, 2018).

que deux locaux étaient indiqués dans les résultats du moteur de recherche (R). Il a alors cherché à repérer où se trouvaient les deux locaux, l'un par rapport à l'autre (E) en les sélectionnant l'un après l'autre, puis en visualisant le plan 2D (R). Ceci lui a permis de voir qu'ils se trouvaient l'un en dessous de l'autre (I) (Figure 63).

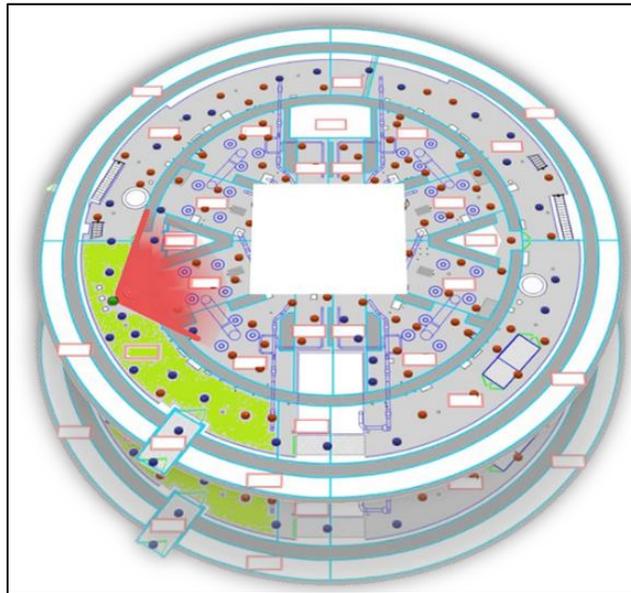


Figure 63. En vert les deux locaux qui ont été affichés dans l'EV quand Q a utilisé le moteur de recherche.

N'ayant pas d'indices pour choisir un des deux locaux, Q s'est dirigé au hasard vers celui qui se trouvait en dessous (à -2m). La Figure 64 rend compte des différents déplacements de Q dans les deux locaux avant qu'il ne trouve la traversée FGH¹⁴². Ce dernier s'est tout d'abord téléporté en sélectionnant une photo sphérique à côté de l'escalier. Il a ensuite entamé un *balayage ciblé* par des indices pour trouver la traversée. Le Tableau 57 compile l'ensemble des types que Q a mobilisés pendant la recherche. Il a poursuivi sa recherche en zoomant sur un gros tuyau (« une conduite¹⁴³ ») sur la photo sphérique, puis il a basculé en HD.

¹⁴² Les chiffres indiquent les différentes photos sphériques (points rouges sur la Figure 64) qu'il a ouvertes.

¹⁴³ Pour distinguer le service de la Conduite d'une centrale nucléaire et la tuyauterie dénommée conduite, cette deuxième sera écrite avec un « c » minuscule contrairement au service de la Conduite écrit avec un « c » majuscule.

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

Tableau 57. Correspondance entre la mobilisation des différents types et les déductions et abductions faites par Q.

Référentiel	Déduction pour la FGH079VN
[circuit FGH] : circuit de refroidissement	[conduite] : véhicule un fluide
<ul style="list-style-type: none"> • [lettres à la fin du repère fonctionnel] : définissent le type de fluide. • [« VN »] : correspond à « eau circuit noria » 	[fluide du circuit] : eau noria [conduite] : véhicule de l'eau
[refroidissement du circuit primaire] : nécessite un échange d'énergie important	[conduite] : d'un gros diamètre
[conduite] : véhicule de l'eau	[conduite] : d'une couleur verte
[rôle d'une traversée] : isoler la sortie du circuit du bâtiment réacteur.	[conduite] : traverse l'enceinte du bâtiment réacteur
Référentiel ou Representamen	Abductions pour la FGH079VN
<ul style="list-style-type: none"> • [conduite du circuit FGH] : absence lors du balayage des deux locaux • [Petit plan sur la photo sphérique] : indique l'endroit où il se trouve dans le bâtiment réacteur virtuel. 	[conduite] : est plus loin dans le local voisin.
[traversée recherchée] : dans deux locaux potentiels d'après VVProPrepa.	[tuyau de la traversée] : se trouve sur deux niveaux.
R : visualisation sur le plan 2D de conduites qui traversent l'enceinte du bâtiment réacteur.	[traversée recherchée] : est une de celles qui sont représentées sur le plan 2D.
R : visualisation d'une grosse conduite qui traverse l'enceinte du bâtiment réacteur sans repère fonctionnel dessus.	[conduite devant lui] : est la FGH079VN et le repère fonctionnel n'est pas visible sur les photos de VVProPrepa.
R : visualisation du piquage qui va vers le haut sur la grosse traversée donc le repère fonctionnel est absent	[repère fonctionnel] : se trouve à la suite du piquage à l'étage du dessus (deuxième local donné par VVProPrepa)
[traversée recherchée] : dans deux locaux potentiels d'après VVProPrepa.	[conduite] : descend en vertical d'un local à l'autre.

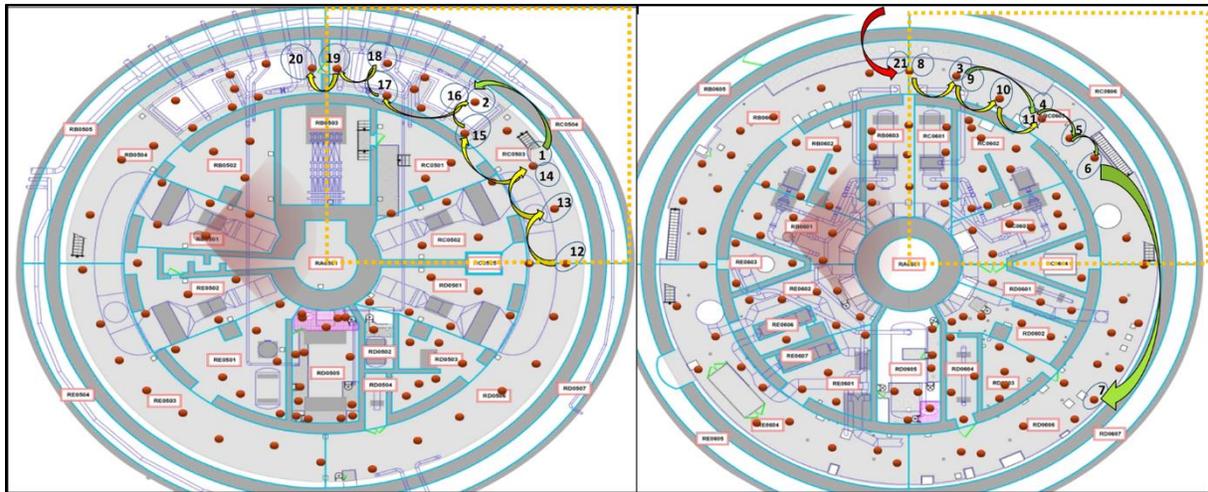


Figure 64. Ensemble des déplacements effectués par Q lors de la recherche de la FGH079VN. À gauche : local du bas (-2m), à droite local se trouvant au-dessus (0m).

À cet instant, Q a mobilisé des types liés à la connaissance qu’il avait du système élémentaire « FGH » (Tableau 58, p. 271) et au fait que la vanne mécanique recherchée était une « traversée enceinte », autrement dit une vanne se trouvant sur une tuyauterie qui traverse le mur extérieur du bâtiment réacteur. Sachant que FGH était un système de refroidissement (S), il a pu en déduire qu’il véhiculerait de l’eau (I, déduction), qu’il serait d’une grande taille (I, déduction), et que sa couleur serait verte (I, déduction). Se basant sur ces types acquis, il a porté son regard sur les gros tuyaux se trouvant près de l’escalier dans le premier local. N’arrivant pas à lire les repères fonctionnels sur les étiquettes ou ne les trouvant pas (R), il s’est téléporté dans le local supérieur. Il a continué en balayant globalement le local et en focalisant son attention sur les conduites qui se trouvaient du côté de l’enceinte du bâtiment réacteur et pas de l’autre côté du mur de l’espace annulaire¹⁴⁴ donnant vers le centre du bâtiment.

À chaque fois qu’il apercevait une grosse tuyauterie (R), Q basculait en HD et zoomait sur l’étiquette pour lire le repère fonctionnel (E) (Figure 65). La tuyauterie de la Figure 65 ne se trouve pas dans un des deux locaux indiqués par le moteur de recherche, cependant son échec dans sa recherche d’une tuyauterie qui répondait aux différents critères (R) l’a amené à faire l’hypothèse que la traversée recherchée était potentiellement dans le local voisin, ce qui expliquerait l’absence dans le local précédent (I, abduction). En se rapprochant de la tuyauterie en question et en zoomant

¹⁴⁴ Espace annulaire : espace qui fait le tour du bâtiment réacteur le long de l’enceinte et qui permet de circuler tout en se protégeant des rayonnements ionisants. L’espace annulaire existe à presque tous les niveaux.

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

sur le repère fonctionnel, il a constaté qu'il ne s'agissait pas de la traversée recherchée (I, invalidation du type hypothétique).



Figure 65. Conduite se trouvant dans le local voisin. À gauche vue de loin, à droite zoom pour lire le repère fonctionnel.

La recherche dans ce local voisin n'ayant pas été fructueuse, il a repris sa recherche dans les deux locaux indiqués par le moteur de recherche, se disant qu'il n'avait peut-être pas bien balayé le local. Il s'est rendu de nouveau à l'autre bout du local (Figure 64) et a ciblé des traversées qui ne répondaient plus à toutes les conditions qu'il avait identifiées. Il a tout d'abord regardé les vannes se trouvant côté extérieur du local, car en mobilisant le type [traversée d'isolement : traverse l'enceinte du bâtiment réacteur], il en a déduit que le tuyau ne pouvait pas se trouver du côté intérieur. Malgré cela, en voyant une grosse tuyauterie (Figure 66) qui descendait verticalement dans le local (R), il a fait l'hypothèse qu'il s'agissait de la traversée recherchée, ce qui expliquerait les deux locaux mentionnés dans le moteur de recherche (S). La conduite traverserait les deux locaux verticalement avant de traverser l'enceinte du bâtiment réacteur (I, abduction).



Figure 66. À gauche : mur extérieur du bâtiment réacteur ; à droite : conduite qui descend vers le deuxième local indiqué par l'EV se trouvant en dessous.

La conduite en question n'étant pas non plus celle recherchée (I), Q a décidé de retourner dans le local inférieur pour le balayer de manière ciblée à nouveau (Figure 64, p. 260). Ce nouveau balayage portait sur les traversées qui remplissaient au moins un des critères initiaux. Après avoir

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

balayé tout le local, il est arrivé à l'endroit par lequel il avait débuté sa recherche. Cet endroit rassemblait de nombreuses grosses tuyauteries rassemblées en hauteur. Il avait déjà inspecté ces tuyauteries et n'avait pas retrouvé la conduite. Il a de nouveau examiné une par une les tuyauteries pour s'arrêter sur l'une d'entre elles qui n'avait pas de repère fonctionnel. En zoomant sur cette tuyauterie, il a repéré un piquage qui partait vers le haut (R). En voyant ce piquage (Tableau 58, signe 24), il a fait l'hypothèse que la traversée recherchée était une « vanne à commande déportée » et que le repère fonctionnel devait se trouver dans le local supérieur sur le volant de la vanne. En s'y rendant, il a aperçu une tête de vanne avec un volant de manœuvre à l'endroit correspondant piquage (lieu où le piquage remontait) (Figure 67).

Tableau 58. Extrait de la construction locale du cours d'action de Q pendant la recherche de la vanne FGH079VN.

U23 : Pivote dans la photo sphérique pour se rendre près d'une grosse traversée
E : Cherche à trouver la traversée FGH079VN. E : Cherche à vérifier que la traversée n'est pas parmi les traversées rassemblées au fond du local. A : Attentes liées à trouver de grosses traversées qui pourraient être la FGH079VN. S : [FGH079VN] : grosse traversée de couleur verte. R : grosse traversée sans repère fonctionnel pouvant être la FGH079VN. I : renforcement du type : [traversée] : n'a pas de repère fonctionnel.
U24 : En se rapprochant de la traversée voit un piquage qui monte vers le local supérieur.
E : Cherche à identifier la grosse traversée verte devant lui. A : Attentes liées à avoir plus d'informations en regardant de près. R : piquage sur la traversée conduisant au local supérieur. S : [local dans lequel se trouve FGH079VN] : le moteur de recherche a indiqué deux locaux l'un au-dessus de l'autre. S : [FGH079VN] : grosse traversée verte. I : abduction [FGH079VN] : vanne à commande déportée avec le repère fonctionnel se trouvant au-dessus
U25 : Vérifie ce qui se trouve à la suite du piquage au local supérieur.
E : Cherche à trouver la traversée FGH079VN. E : Cherche à vérifier ce qui se trouve au local au-dessus. A : Attentes liées à trouver le repère fonctionnel de la traversée FGH079VN au local au-dessus. S : [FGH079VN] : grosse traversée de couleur verte. R : tête de la vanne avec le repère fonctionnel se trouvant dessus. I : construction du type : [FGH079VN] : vanne à commande déportée. I : construction du type : [FGH079VN] : circuit potentiellement contaminé.

En lisant le repère fonctionnel (R), il a pu valider le type hypothétique et provisoire construit par abduction, à savoir que [la traversée se trouvant dans le local inférieur et qui n'avait pas de repère fonctionnel : était la traversée recherchée] (I). Cette découverte lui a permis de généraliser le cas

observé et construire un type sous forme d'une règle [vannes à commande déportée : repère fonctionnel se trouve sur la tête de la vanne] (I, induction).

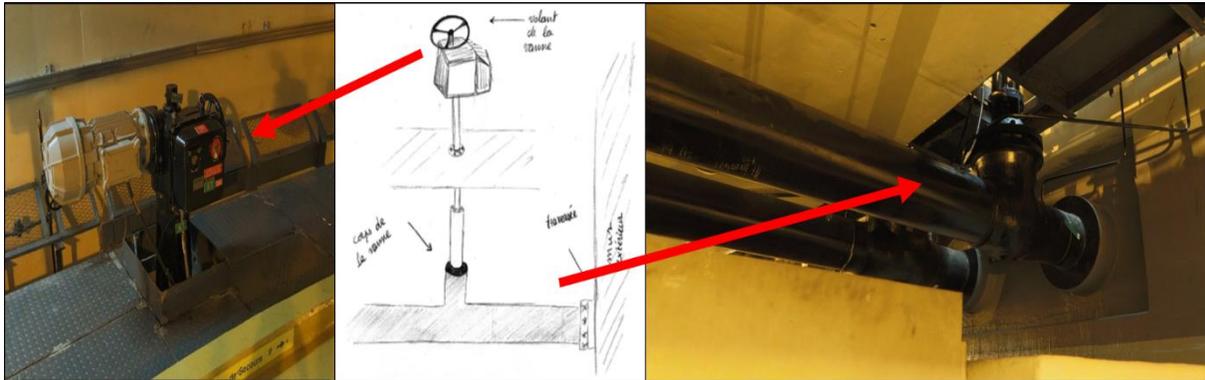


Figure 67. À gauche : tête de la vanne sur laquelle se trouve le repère fonctionnel, à droite : corps de la vanne, traversée n'ayant pas de repère fonctionnel.

Cet extrait montre comment Q a trouvé l'organe recherché en enchaînant des abductions et déductions. Il devient alors possible de comprendre comment l'acteur transforme son Référentiel tout en s'appuyant sur des types déjà construits. La résolution de cette enquête a été possible grâce à l'abduction du signe 24 qui elle-même a été possible grâce aux types mobilisés à cet instant. Q avait aperçu cette même traversée en début d'enquête et était passé également devant la tête de la vanne (Figure 67) à deux reprises avant d'y retourner une troisième fois en s'attendant à retrouver le repère fonctionnel à cet endroit précisément. Lors des premiers temps de son enquête, il (i) n'avait pas encore construit certains types hypothétiques ou (ii) n'avait pas encore invalidé certains autres types grâce aux abductions et déductions qui lui ont permis de délimiter sa structure d'attente.

En effet, nos résultats montrent que ce n'est pas que le manque de types qui peut freiner une enquête, mais également la construction/mobilisation de types qui ne sont pas valables pour l'enquête en question. Ainsi une mobilisation de types qui ne s'appliquent pas peuvent amener le stagiaire à une incompréhension de la situation et une impossibilité d'avancer dans l'enquête.

Il est intéressant de remarquer que les composantes qui participent principalement à comprendre ces inférences sont le Référentiel et les types mobilisées à chaque moment, le Representamen et l'Interprétant qui documente le type d'inférence (voir également Tableau 57, p.268). Dans le cas d'abductions, le Référentiel sera la règle, la prémisse qui, si elle est vraie, permet d'expliquer, de donner un sens au/ ou faire émerger le Representamen qui sera sous la forme de types (observation

d'un résultat) ayant suscité l'étonnement ou la surprise. L'explication de ces faits étonnants se fait par fait, directement ou dans un temps différé, par la formulation d'une hypothèse explicative qui permet la construction d'un type hypothétique.

Concernant les déductions observées dans cette enquête, elles reposent soit sur des règles déjà construites en amont de la formation, soit sur des règles construites au cours de l'enquête en question suite à une induction. À titre d'exemple, à un moment donné Q a zoomé sur le plan 2D et a vu que dans un des deux locaux il y avait un grand nombre de tuyauteries qui, selon le plan, traversaient le mur du bâtiment réacteur (R) (Figure 68). Il a donc construit la règle [traversées enceinte : sont toutes rassemblées au même endroit], type qu'il a mobilisé pour en déduire l'emplacement de la traversée recherchée. Ce type a cependant été affaibli quand il a regardé toutes les traversées en question sans retrouver celle recherchée.

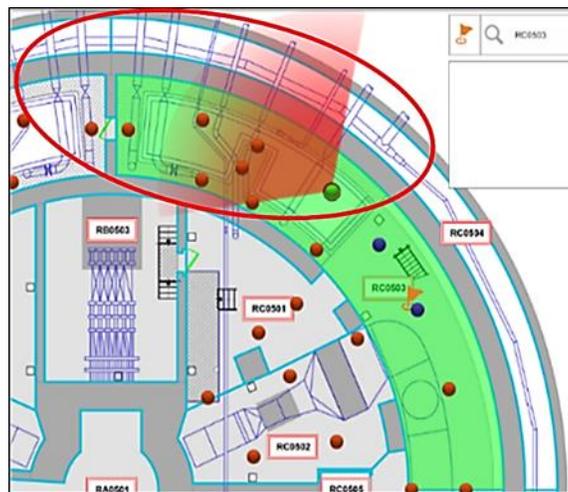


Figure 68. Ensemble de tuyauteries qui semblent traverser l'enceinte bâtiment réacteur.

Les inductions qui ont été documentées reposent soit (i) sur la création d'une règle à partir d'un seul cas (e.g., [vannes à commande déportée : repère fonctionnel se trouve sur la tête de la vanne]), soit (ii) par la mise en relation des types déjà construits antérieurement avec ceux construits lors de la séance, soit (iii) enfin à partir de plusieurs observations et création de types réalisées durant la séance. Plusieurs inférences inductives étaient en lien avec le fonctionnement de l'EV lui-même, par exemple [ouverture de la première photo HD d'un niveau : ne s'ouvre pas du premier coup et fait buger l'EV]. Un exemple qui illustre ces inférences d'induction comme mettant en relation des types construits antérieurement et durant la séance a été celui de Vn qui en voyant les points ALARA dans l'EV(R) s'est souvenu que durant son entrée dans le bâtiment réacteur les points

ALARA n'étaient pas aux mêmes endroits. Il a donc créé une règle [points ALARA¹⁴⁵ : ne sont pas toujours au même endroit à chaque arrêt de tranche¹⁴⁶] à partir de ce faisceau de types.

IV 3.5 Préoccupations-archétypes du formateur

L'analyse du cours d'expérience du formateur lors des séances de formation a permis de rendre compte de sa structure d'attente et d'anticipation, c'est-à-dire ce qu'il cherche à faire à un moment donné (son Engagement dans la situation), ses attentes (Actualité Potentielle), et les types et relation entre types qu'il mobilise à cet instant (Référentiel). L'analyse de sa dynamique d'Engagement à des structures significatives de rangs supérieurs a permis de rendre compte de certaines Préoccupations-archétype, c'est-à-dire des Préoccupations invariantes durant plusieurs ou toutes les séances du dispositif dont son activité a été analysée. Même si l'objectif premier de cette partie est de rendre compte des Préoccupations-archétypes du formateur, nous nous attachons cependant à rendre compte de l'articulation des cours d'expérience du formateur et des stagiaires (en nous appuyant sur l'analyse locale de leur cours d'expérience). Les Préoccupations archétype du formateur ont été (i) inciter les stagiaires à prendre en compte/utiliser l'ensemble de l'environnement, (ii) amener les stagiaires à développer une évaluation juste et rapide de l'état du matériel et (iii) tirer parti du collectif et vérifier leur compréhension.

IV 3.5.1 Inciter les stagiaires à prendre en compte/utiliser l'ensemble de l'environnement

La première Préoccupation-archétype du formateur était « d'inciter les stagiaires à prendre en compte et/ou d'utiliser l'ensemble de leur environnement ». Cette Préoccupation est réapparue régulièrement et à de multiples reprises durant toutes les séances et à toutes les étapes du dispositif (découverte et navigation libre, navigation guidée, travail sur les maquettes physiques, débriefing). Deux extraits nous permettent d'illustrer cette Préoccupation : l'un relatif à la recherche d'un point ALARA, et l'autre du travail sur les maquettes physiques.

¹⁴⁵ Point ALARA : Un point ALARA est un emplacement en Zone Contrôlée (dans le bâtiment réacteur par exemple) où les risques pour les intervenants sont « *As Low As Reasonably Achievable* », aussi faible que possible. Ils peuvent y contacter l'extérieur du bâtiment, consulter des documents ... sans limitation de durée.

¹⁴⁶ Arrêt de tranche : Arrêt de la production d'électricité pour effectuer des opérations de maintenance sur les systèmes de la centrale ou pour procéder au déchargement / rechargement du combustible.

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

Lors de la toute première séance, une des questions à laquelle les stagiaires devaient répondre était : « Que trouve-t-on sur un point ALARA ? ». Pour répondre à cette question Vn et Y se sont rendus sur un point ALARA (Figure 69). Ensuite, ils ont listé la plupart des éléments observables sur la photo sphérique. Ils ont également mentionné la présence d'un téléphone puisque Vn se souvenait en avoir vu un sur les points ALARA lors de ses entrées dans le bâtiment réacteur. En arrivant près de ce binôme, F3 les a interrogés sur ce qu'ils avaient vu et comment ils avaient fait pour répondre à la question. Vn a indiqué à F3 qu'il avait le souvenir de la présence d'un téléphone près du point ALARA, mais qu'il ne l'avait pas vu dans l'EV. Cette remarque a perturbé F3 qui s'est alors rendu compte que les stagiaires, en arrivant sur le point ALARA, ont simplement scruté la photo sans pivoter pour prendre en compte l'ensemble de leur environnement.



Figure 69. Capture du point ALARA retrouvé par Vn et Y (séance 1).

En effet, sur le point ALARA qu'ils avaient identifié et dont ils avaient fait une capture, ne laissait a priori pas apparaître de téléphone. La cabine du téléphone se trouvait en réalité à quelques mètres d'eux et n'était visible dans la même photo sphérique qu'à la condition de pivoter. F3 a répondu à Vn qu'à chaque point ALARA il y avait obligatoirement un téléphone et que s'il n'était pas précisément sur le point ALARA il devait se trouver à proximité immédiate (S). Il a donc incité les stagiaires à retourner sur le point ALARA et à regarder l'environnement autour d'eux en pivotant dans la photo sphérique. Il s'attendait alors à ce que les stagiaires voient le téléphone qui était quelques mètres à côté du point ALARA (E), mais aussi encourager les stagiaires dans leurs prochaines recherches à être plus curieux (E) et à pivoter dans les photos sphériques pour regarder l'environnement autour d'eux (E). F3 indique lors de l'autoconfrontation :

« Là, c'est pour les inciter, dans les prochaines recherches qu'eux vont faire... à avoir le même type de raisonnement et de se dire « attends on nous demande ça, mais c'est peut-être dans l'environnement ». [...] Tu leur demandes d'aller sur le point ALARA, ce qui vit à côté, ils ne le prennent pas en compte. Et nous on veut que d'instinct tu leur poses la question et tout ce qui vit autour, qu'ils prennent le temps de se poser, de regarder et de se servir de cet environnement pour travailler » (Extrait AC, F3, séance 1).

Un deuxième extrait est issu de la séance 3 (étape de manipulation des maquettes physiques). De manière générale, durant cette phase sur les maquettes physiques, le formateur demandait aux stagiaires de manœuvrer les vannes qu'ils avaient trouvées dans l'EV durant l'étape de navigation scénarisée. À cette occasion, il leur posait plusieurs questions relatives à la manœuvre des vannes en question (Figure 70).



Figure 70. Étape de manœuvre des maquettes physiques, le cas d'une vanne pneumatique¹⁴⁷.

Lors de l'extrait en question le formateur avait demandé aux stagiaires de manœuvrer une vanne pneumatique, autrement dit une vanne qui est commandée par un circuit d'air comprimé (Annexe 8). Plusieurs Préoccupations étaient poursuivies simultanément (i) il cherchait à ce que les stagiaires se remémorent comment se réalise une mise en automatique et une fermeture de ce type de vanne, (E) (ii) il cherchait à ce que les stagiaires comprennent qu'il y a plusieurs façons de manœuvrer la vanne (bien que certaines soient plus faciles) (E), et (iii) il cherchait à inciter les stagiaires à utiliser l'air de commande pour faciliter leur manœuvre (E).

¹⁴⁷ Les acteurs qui apparaissent sur la photo ne correspondent pas aux stagiaires qui ont participé à l'étude. Cette photo a été prise lors d'une séance qui n'a pas fait l'objet d'une analyse, mais l'objet d'un film.

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

Q a commencé à réaliser la manœuvre manuellement et a fermé la vanne (R). Le formateur l'a laissé faire en demandant ensuite s'il y avait d'autres façons de réaliser cette manœuvre. K a répondu positivement en indiquant que l'opérateur de conduite depuis la salle de commande pouvait également commander la vanne à distance et la fermer (R). Cette réponse a satisfait le formateur bien qu'il souhaitait que les stagiaires pensent à une troisième méthode de fermeture.

À cet instant, VI s'est souvenu d'une phrase que le formateur leur avait dite plusieurs mois plus tôt : « *sur le terrain il faut s'économiser et travailler intelligemment, il faut faire comme des fainéants* ». Ainsi en regardant le tuyau d'arrivée de l'air se trouvant en dessous de la vanne (R) VI a répondu « *on peut la fermer en coupant l'alimentation. Si on condamne l'air elle va se fermer* ». Dans le cas présent, VI a mobilisé les types [air de commande se trouve en dessous de la vanne : la position de sécurité¹⁴⁸ de cette vanne est fermée], [coupure de l'alimentation : la vanne va se mettre dans la position de sécurité]. Sa réponse était bien celle attendue par le formateur, qui l'a validé expliquant la manœuvre une nouvelle fois pour être sûr que tous les stagiaires aient bien compris la proposition de VI (E). Il a précisé ensuite que pour certains Essais Périodiques (manœuvres à réaliser pour vérifier que le fonctionnement des matériels est conforme à ce qui est attendu), ils auront à manœuvrer une cinquantaine de vannes (S) et qu'il est donc important d'exploiter au mieux les ressources de l'environnement quand cela était possible. Il a donc cherché à faire passer le message (E) qu'il ne faut pas se focaliser uniquement sur l'organe spécifique à manœuvrer, mais qu'il est utile, voir nécessaire, d'être attentif et curieux pour découvrir et exploiter toutes les ressources de l'environnement.

Cette Préoccupation du formateur à inciter les stagiaires à prendre en compte leur environnement repose sur le fait que l'environnement peut servir/aider à la réalisation d'une manœuvre, mais aussi en raison du fait que la dosimétrie peut évoluer en permanence dans le bâtiment réacteur (S). Il est essentiel pour lui qu'ils apprennent à être attentifs en permanence afin d'éviter une exposition trop importante. Ainsi, il a ressenti un sentiment de satisfaction quand il a réalisé que S1 (séance 2) avait regardé l'environnement autour du robinet et repéré la présence d'un point chaud (Figure 71), (Tableau 59).

¹⁴⁸ Position de sécurité d'une vanne : position à laquelle la vanne va se retrouver s'il y a une rupture dans son alimentation. La position de sécurité est soit « ouverte », soit « fermée ».



Figure 71. Point chaud derrière la vanne que les stagiaires doivent manipuler.

La prise en compte du point chaud par SI, le partage de cette information avec son binôme J, mais aussi avec les autres stagiaires lors du débriefing, a permis à F3 d'évoquer l'importance de bien prendre connaissance de l'environnement. Il a souligné l'intérêt d'utiliser l'EV pour prendre en compte cet environnement en toute sécurité, tout en rappelant qu'à un endroit précis la dosimétrie peut varier en fonction de l'avancement des chantiers et qu'il ne faut pas forcément se fier « aveuglément » aux photos sphériques de l'EV.

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

Tableau 59. Extrait du cours d'expérience de SI - point chaud.

Signe m+23
Unité Élémentaire : Se dit qu'une des premières choses à faire avant de manœuvrer une vanne c'est de prendre connaissance de l'environnement autour de la vanne.
Engagement / Actualité Potentielle : <ul style="list-style-type: none">• Cherche à répondre à l'enquête.• Cherche à prendre connaissance de son environnement avant de poursuivre dans le scénario.• S'attend à découvrir l'environnement en pivotant dans la photo sphérique.
Référentiel : Il faut être au plus loin de point chaud.
Représentamen : Formulation de la question demandant comment ils doivent procéder pour manœuvrer la vanne.
Interprétant : Renforcement d'un type : Il n'est pas possible de manœuvrer/changer l'état d'une vanne à partir de l'EV.
Signe m+24
Unité Élémentaire : Prend la souris et pivote dans la photo sphérique pour pointer le point chaud.
Engagement / Actualité Potentielle : <ul style="list-style-type: none">• Cherche à montrer à son binôme l'existence du point chaud.• S'attend à ce que J voit le point chaud.
Référentiel : L'existence d'un point chaud est importante pour la sécurité des AT.
Représentamen : Pancarte indiquant qu'il y a un point chaud derrière la vanne qui doit être manœuvrée.
Interprétant : <ul style="list-style-type: none">• Renforcement d'un type : Il y a des points chauds à différents endroits dans le bâtiment réacteur.• Abduction pratique : Son binôme n'a pas remarqué la pancarte.
Signe m+25
Unité Élémentaire : « Joue le jeu » et dit à J qu'ils doivent se mettre au plus loin du point chaud qu'il est en train de pointer « Déjà regardes, tu te mets au plus loin de ça ! »
Engagement / Actualité Potentielle : Cherche à rappeler à son binôme qu'il faut rester au plus loin d'un point chaud.
Référentiel : <ul style="list-style-type: none">• L'existence d'un point chaud est importante pour la sécurité des AT.• Il faut se tenir à distance d'un point chaud.
Représentamen : Absence de réaction de la part de J.
Interprétant : Renforcement d'un type : J n'a pas remarqué la pancarte du point chaud derrière la vanne qu'ils devront manœuvrer.

IV 3.5.2 Amener les stagiaires à développer une évaluation juste et rapide de l'état du matériel

Une autre Préoccupation-archétype dans le cours d'expérience du formateur est « d'amener les stagiaires à développer une évaluation juste et rapide de l'état du matériel ». Il s'agit pour lui de pouvoir rapidement (en un coup d'œil), savoir si le matériel est dans l'état attendu (ouvert ou fermé) et si ce dernier est en bon état (absence de fuite, fonctionnement normal, mesures indiquées correctes, etc.). Une des questions des consignes a d'ailleurs été « quelle est la position de sécurité de la vanne¹⁴⁹ » afin de répondre à cette Préoccupation du formateur.

À titre d'exemple lors des manœuvres des maquettes de la séance 3, F3 a demandé aux stagiaires : « *Si on veut s'assurer qu'il est en position neutre comment on fait ?*¹⁵⁰ » (Tableau 60 Uk+8=>Uk+18). Q lui a répondu que ce robinet était fermé par manque d'air (R) ce qui a conduit le formateur à lui demander de justifier sa réponse (U). Q a donc mobilisé le type acquis lors du stage robinetterie [sens d'action du ressort : définit la position de fermeture de la vanne]. C'est en voyant l'aspect de la vanne qui était devant lui (R), qu'il en a déduit que le sens d'action du ressort était vers le bas et a pensé que la position de sécurité de la vanne pneumatique était vers le bas.

Tableau 60. Extrait du Récit Réduit du formateur lors de la manœuvre des maquettes (séance 3).

Uk+1 : Montre aux stagiaires la maquette physique du robinet qu'ils ont vu précédemment dans l'EV.
Uk+2 : Questionne les stagiaires sur les conditions pour que le robinet soit déclaré en automatique et disponible, en essayant de leur faire remémorer des informations abordées lors du stage de robinetterie en début de cursus.
Uk+3 : En écoutant la réponse de K il cherche à le faire justifier sa réponse afin d'être sûr qu'il se souvient la raison et pour qu'il partage l'information avec les autres stagiaires.
Uk+4 : Valide et complète la réponse de K, tout en précisant qu'il peut y avoir n'importe quel fluide et pas uniquement de l'air.
Uk+5 : Laisse un peu de temps aux stagiaires pour qu'ils lui donnent la troisième condition.
Uk+6 : N'ayant pas de retour des stagiaires, il leur donne la troisième condition lui-même.
Uk+7 : En mettant l'air sur la maquette résume les trois conditions pour consolider ce qui a été dit précédemment.
Uk+8 : Questionne les stagiaires sur le moyen de vérifier que le robinet est bien en position neutre.
Uk+9 : En écoutant la réponse de Q il lui demande de justifier sa réponse.
Uk+10 : S'attend à ce que les stagiaires aient une approche simple du matériel/Q lui répondent que la position de sécurité de ce robinet est fermée, car le sens d'action du ressort est vers le bas.
Uk+11 : Réalise que Q n'a pas une approche simple et que pour répondre il a besoin de « décortiquer » le robinet, restituer le cours.

¹⁴⁹ La position de sécurité d'une vanne est la position à laquelle la vanne va se retrouver s'il y a une rupture dans son alimentation

¹⁵⁰ Cet extrait a précédé celui présenté également dans l'Annexe 8.

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

Uk+12 : Essaie d'amener Q à une réponse plus simple et évidente.
Uk+13 : Entend VI ajouter la réponse qu'il attendait, c'est-à-dire que la position de sécurité dépend de l'endroit auquel se trouve l'arrivée d'air.
Uk+14 : Reprend la parole en cherchant à donner une vision aux stagiaires de ce qui est attendu d'eux, c'est-à-dire d'avoir une approche plus simple.
Uk+15 : Utilise l'exemple d'un néophyte qui n'a pas fait de stage de robinetterie pour se baser sur le fonctionnement interne du robinet, mais qui va plutôt déduire la position de sécurité de ce qu'il voit à l'extérieur du robinet, c'est-à-dire la position de l'arrivée d'air.
Uk+16 : Cherche à redonner une explication de l'approche simple qu'un AT doit avoir en présentant l'intérêt d'avoir cette approche simple.
Uk+17 : Donne l'exemple des premières semaines d'immersion, en précisant que s'ils avaient eu besoin de manœuvrer ce type de robinet avant de faire le stage robinetterie et de comprendre le fonctionnement intérieur du robinet ils n'auraient pas pu le faire sans cette approche simple puisqu'ils n'avaient pas encore réalisé le stage robinetterie.
Uk+18 : Essaie de passer le message qu'il est important de pouvoir rapidement (en un clin d'œil) savoir quelle est la position de sécurité d'un robinet.
Uk+19 : Commence une phrase qu'il laisse incomplète, en attendant que les stagiaires la complètent.
Uk+20 : Cherche à aller plus loin dans la manœuvre du robinet, et demande aux stagiaires comment ils peuvent être sûrs que le robinet ait fait une course de 100 %.
Uk+21 : Incite Q à compléter sa réponse en répondant « l'air est coupé ».
Uk+22 : Confirme la réponse de Q pour que ce soit clair pour les autres stagiaires aussi.
Uk+23 : En mobilisant le type [c'est uniquement en faisant qu'on apprend], il propose aux stagiaires de manœuvrer le robinet.

Les explications techniques de Q (R de F3) s'appuyant sur une connaissance du fonctionnement et de la mécanique d'une vanne (S) ne correspondaient pas aux attentes du formateur. En effet ce dernier s'attendait à une réponse qui s'appuyait sur la visualisation de l'arrivée d'air sur la vanne (A), pratique qu'il considérait comme étant plus proche de celle d'un AT expérimenté qui va pouvoir déduire certains éléments sur les vannes à manœuvrer où à vérifier durant la ronde sans perdre trop de temps (S). En entendant VI compléter la réponse de Q en disant « *Et tu vois même l'arrivée d'air qui est là* » (R), F3 a ressenti un sentiment de satisfaction puisque la réponse de VI correspondait à ses attentes. Il a expliqué alors qu'il est important de développer une approche simple et rapide pour déduire la position de sécurité (Tableau 61).

Pour le formateur, *avoir une approche simple* n'est pas équivalent à une méconnaissance du fonctionnement des organes ou d'un système élémentaire. Pour lui, cette approche simple est ce qui caractérise un AT qui a déjà de l'expérience et qui sait gérer son temps sur le terrain.

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

Tableau 61. Extrait des verbatim de trois acteurs (F3, VI et Q) des AC, correspondant au moment où F3 demande la position de sécurité d'une vanne pneumatique (séance 3).

Verbatim F3 lors de l'AC	Verbatim VI lors de l'AC	Verbatim Q lors de l'AC
<p>F3 : Alors Q, est en train de m'expliquer euh... comment fonctionne le robinet. Il a fait un stage robinetterie, il connaît le type de robinet, il sait que dans la chambre, la chambre tu as une membrane avec un ressort d'un côté et de l'air qui arrive de l'autre côté, il connaît le fonctionnement du robinet. Mais ce n'est pas ce que j'attends. Je n'attends pas qu'il me décortique le robinet en me disant l'intérieur tu as deux écrous de douze, un de 18, et un de 14, ce n'est pas ce qui m'intéresse. Ce qui m'intéresse c'est qu'il me dise, et c'est là où je vais essayer de l'amener, c'est qu'au visuel du robinet, sur l'extérieur du robinet, qu'est-ce qui permet à l'agent qui tombe sur ce robinet de savoir si lui oui ou non il est en position de sécurité ouverte ou en position de sécurité fermée.</p> <p>Si on leur demande pendant leur journée de quart d'aller vérifier que le robinet est bien en auto, qu'ils aient cette approche-là, utiliser ce regard, plutôt que regarder à l'intérieur, la structure du robinet, c'est de rester simple, avoir un visuel simple sur un robinet, ce qui te permet de dire tout de suite, je passe à côté de ce type de robinet, j'ai pas besoin de passer une demi-heure à regarder si oui ou non... c'est le coup d'œil, qui fait que tu sais où tu dois regarder. Et ce que j'attendais qu'eux me donnent c'est ça, c'est ce coup d'œil. On n'est pas mécaniciens, on n'est pas robinetiers, c'est bien de connaître le fonctionnement interne du robinet, mais la première chose que nous on va nous demander, c'est ça. Le souci qu'on peut avoir, c'est de perdre l'air de commande dessus, donc de savoir où il est. C'est VI qui lui dit, il part sur quelque chose de simple lui.</p>	<p>C. : Et ici qu'est-ce que tu te dis ?</p> <p>VI : Là Q répond à F3 que la position de sécurité de la vanne est fermée. On avait vu les positions de sécurité lors du stage de robinetterie. Donc quand F3 nous pose la question je regarde l'arrivée d'air, c'est l'indication qui permet de donner sa position de sécurité, de dire si c'est une ouverte ou fermée par manque d'air. On sait que si l'air arrive par le bas, elle va s'ouvrir avec l'air, et s'il n'y a plus d'air elle se ferme. Donc c'est logique.</p> <p>C. : Et là tu te souviens ce que tu regardais ?</p> <p>VI : Ouais là je regardais ; il y la tige de vanne quand tu lâches l'air qui revient dans sa position, du coup il y a la tige de vanne qui descend. Je regardais la course de la vanne. Elle descend un tout petit peu.</p> <p>C. : Qu'est-ce qui t'a amené à regarder ça ?</p> <p>VI : Chaque fois je... parce que j'ai envie sur une vraie vanne d'avoir l'œil pour voir si elle manip ou pas, si elle manœuvre ou pas, parce que comme elle ne manœuvre pas beaucoup j'ai du mal à voir si oui ou non elle bouge, parce qu'elle ne bouge vraiment pas beaucoup. Donc à chaque fois que j'en vois une qui manip je regarde pour voir comment elle bouge. Pour repérer la course de la vanne. Pour développer un œil, voir ce qu'elle manip, trouver un point fixe.</p>	<p>C. : Donc ici qu'est-ce que tu te dis ?</p> <p>Q : Là en fait il nous demandait comment tu sais... comment tu reconnais la position de sécurité de la vanne. Moi je disais en fait que par rapport à la position du corps de la vanne en fait tu as un ressort qui se trouve à l'intérieur, et par rapport au sens d'action de ton ressort tu en déduis la position de la vanne. Si ton ressort pousse vers là-haut, tu sais que ta vanne elle sera fermée par là-haut.</p>

IV 3.5.3 Tirer parti du collectif et vérifier leur compréhension

La troisième Préoccupation-archétype est « discuter des questions au sein du binôme et les faire justifier leurs réponses ». À titre d'exemple lors des premières séances (première génération basée sur les points d'intérêt) F3 s'approchant d'Y et Vn, a vu qu'ils avaient répondu « oui » à une question sans pour autant justifier leur réponse. La question était « est-ce que vous avez le droit de prendre l'ascenseur ? ». Sa Préoccupation à cet instant était de comprendre s'ils ont répondu au hasard ou s'ils étaient capables de justifier pourquoi ils s'autorisent à utiliser le monte-charge. Il a fait l'hypothèse que Vn devait connaître la raison puisqu'il était déjà entré dans le bâtiment réacteur, mais ignorait si les deux stagiaires en avaient discuté et si Vn avait partagé son vécu/connaissances avec Y. Ainsi, afin de s'assurer que les deux stagiaires étaient capables de justifier leur réponse (E), il les a questionnés tout en redonnant une explication relative à l'interdiction et l'autorisation de prendre le monte-charge (E).



Figure 72. Capture d'écran de l'ascenseur avec la pancarte métallique à gauche qui indique l'interdiction de l'utiliser quand elle est dépliée.

Cette Préoccupation du formateur de faire justifier leurs réponses aux stagiaires est intéressante, car l'analyse du cours d'expérience de Vn permet de confirmer qu'il n'avait pas construit de type en lien avec la pancarte métallique se trouvant à gauche de l'ascenseur (Figure 72) et qu'il avait répondu positivement à une question en mobilisant un type hypothétique [interdiction d'utilisation de l'ascenseur : serait indiquée sur la porte de l'ascenseur]. Ainsi lors de l'autoconfrontation, Vn a indiqué

« Ben, moi je m'étais basé sur la porte de l'ascenseur, je n'ai pas vraiment fait gaffe à ce qu'il y avait autour, donc, comme on avait pris la capture d'écran, on avait écrit oui, mais on ne savait pas trop pourquoi. On avait juste vu qu'il n'y avait rien sur la porte quoi ». (Extrait AC, Vn).

La discussion avec F3 l'a conduit à invalider ce premier type hypothétique et à en construire un autre [interdiction d'utilisation de l'ascenseur : est indiquée sur la pancarte dédiée à gauche de l'ascenseur]. La démarche pédagogique du formateur ne consiste pas uniquement à comprendre si les stagiaires connaissent les réponses et sont en mesure de les argumenter, mais consiste aussi à les encourager à partager avec leur binôme ces connaissances et leurs raisonnements, ainsi qu'à être curieux en se posant eux-mêmes des questions.

IV 3.5.4 Des Préoccupations-archétypes du formateur en formation aux dispositions à agir sur le terrain

Les Préoccupations-archétypes présentées précédemment rendent compte d'un Engagement fondamental du formateur que l'on peut analyser comme visant la sensibilisation des stagiaires à des dispositions à agir sur le terrain. Au-delà des types sur des dimensions techniques des organes abordés dans les consignes, il cherche à inciter les stagiaires à être plus curieux sur le terrain, à travailler en autonomie tout en collaborant avec les autres métiers, à avoir une approche simple leur permettant d'agir plus rapidement sur le terrain, à prendre en compte et utiliser l'ensemble des ressources de leur environnement dans une logique d'optimisation du temps et de gestion de la fatigue. La priorisation de certaines manœuvres, l'élaboration de cheminements pour éviter les lieux dosants sont pour lui des dispositions indispensables qu'un AT doit acquérir. Ces dispositions à agir peuvent impliquer, englober, et mettre en relation des types qui portent sur le fonctionnement technique d'un organe, sur l'agencement spatial du bâtiment réacteur et des organes qui s'y trouve, sur la manière de manœuvrer certaines vannes, ou encore sur les modalités de collaborer avec les autres métiers (e.g., Service Prévention des Risques ou Coordinateurs BR).

IV 3.6 Les vues de l'environnement virtuel comme support au cours d'expérience des acteurs

L'Engagement d'un acteur n'est pas univoque dans une situation donnée, mais contient un faisceau de Préoccupations. L'analyse de du cours d'expérience des stagiaires et des formateurs permet de

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

rendre compte de différentes Préoccupations-archétypes spécifiquement en lien avec l'utilisation des différentes vues de l'EV. Le croisement des données des cours d'expérience et des données d'observation a rendu possible une documentation systématique de l'activité des acteurs en lien avec les différentes vues utilisées à chaque instant par ceux-ci (Tableau 62).

Tableau 62. Extrait du Récit Réduit de T (séance 5).

Vue utilisée	Construction du cours d'expérience pour T
3D	Se déplacent au bord de la piscine cherchant à voir les vannes « rampe piscine ».
Vue en survol	Cherchant à avoir une vision d'ensemble de la piscine et de ce qui se trouve au fond passe en vue en survol. Faisant pivoter la maquette du bâtiment verticalement, il réalise qu'il n'y a pas d'éléments qui sont modélisés dans la piscine depuis la vue en survol.
Photo sphérique 11075	Se téléporte au fond de la piscine pour voir ce qui s'y trouve malgré le souhait de Rn d'aller voir les événements pressu. Voit des travailleurs sur une photo et fait une blague en disant qu'il espère qu'ils n'y sont plus. Pivote horizontalement dans la photo sphérique pour voir ce qui se trouve au fond de la piscine En voyant un bout du couvercle de la cuve commence à pivoter verticalement pour avoir une meilleure vue sur le couvercle Demande à Rn si c'est bien la MSDG ¹⁵¹ Ressent un tourbillon de doutes par rapport à la réponse de Rn, c'est-à-dire que ce n'est pas la MSDG, mais le couvercle de la cuve. Précise qu'il se réfère à tout ce qui est au-dessus de la cuve en pointant avec la souris. Cherche à avoir un autre point de vue et clique sur une photo sphérique se trouvant à un point en hauteur pour retrouver la MSDG.
Photo sphérique 14002 haut du bâtiment réacteur	Ressentant un doute il pivote dans la photo pour avoir un meilleur point de vue sur la piscine et pouvoir visualiser ce qu'ils visualisaient avant (le couvercle/MSDG). N'ayant pas une bonne visibilité sur le plancher de la piscine cherche à changer de vue. Passe en vue 3D pour pouvoir se rapprocher du bord de l'étage où il se trouve.
3D	Pivote dans la vue 3D au-dessus de la piscine en cherchant l'élément qu'ils voyaient précédemment du fond de la piscine. En répondant à Rn examine attentivement l'écran en cherchant l'élément qu'ils voyaient précédemment (couvercle/MSDG). Ressent un tourbillon de doute par rapport à l'endroit où il faut appuyer sur le logiciel pour basculer de nouveau sur la vue photo sphérique.
Photo sphérique 14002- haut du bâtiment réacteur	En déduit que l'icône des photos sphériques est celui avec l'appareil photo et l'appui. Reste attentif aux propos de Rn qui lui montre le couvercle posé à côté de la piscine. Se rappelle qu'ils ont vu précédemment des personnes au fond de la piscine et construit le type [photos de l'EV : ont été prises en plusieurs jours]. Continue à pivoter dans la photo sphérique en cherchant la MSDG. Appuie sur la photo sphérique que Rn lui indique près de la piscine.

¹⁵¹ Machine de Serrage et Desserrage des Goujons

Photo sphérique 11055 – piscine 22m	Pivote dans la photo sphérique pour « se retourner » et voir ce que Rn veut lui montrer derrière lui. En remarquant un autre élément de grande taille à l'autre extrémité de la piscine demande à Rn si ce n'est pas celle-ci la MSDG.
Photo 11034	Appuie sur une photo pour se rapprocher de l'autre côté de la piscine. Pivote dans la photo pour se repérer.
Photo 11056	En réalisant qu'ils sont trop loin de la piscine et de l'endroit que Rn veut lui montrer appuie sur une autre photo sphérique se trouvant à peu près au milieu de la piscine. Ne sachant pas ce qu'ils cherchent, demande à Rn en disant qu'ils sont bien devant la piscine.

IV 3.6.1 Préoccupations-archétype et utilisation des photos sphériques

Les Préoccupations-archétypes des acteurs pendant l'utilisation des photos sphériques sont : (i) se déplacer dans l'EV : avancer (en se téléportant d'une photo à une autre), se retourner (en pivotant dans la photo sphérique), s'approcher d'un endroit (en utilisant le zoom) ; (ii) identifier les organes à rechercher (avec photo sphérique en HD et zoom sur l'étiquette) ; (iii) visualiser les détails de l'environnement (en utilisant les photos HD) et lire les repères fonctionnels et les panneaux ; (iv) (Re)découvrir du matériel : visualiser à quoi il ressemble, ce qui se trouve autour, comment il est constitué, etc. ; (v) construire des repères pour l'enquête ou de futures entrées bâtiment réacteur.

La modalité utilisée par les acteurs pendant la navigation scénarisée est celle des photos sphériques. Cette prédominance repose sur les opportunités offertes (les affordances) par ce type de vue, permettant aux stagiaires de découvrir le visuel authentique de l'environnement. Les acteurs utilisent également les photos sphériques pour se déplacer. La Figure 73 montre l'enchaînement de différentes photos sphériques, au moment où un acteur cherche à se déplacer dans l'EV. Dans ces moments où l'intention de l'acteur est d'avancer, ce ne sont pas tant les détails de l'environnement qui sont significatifs, mais les éléments de l'environnement permettant à l'acteur de s'orienter. Ainsi, les acteurs vont se créer un point de repère (R) qu'ils vont essayer de retrouver d'une photo à l'autre, et qui leur permettra de s'orienter dans l'espace.

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

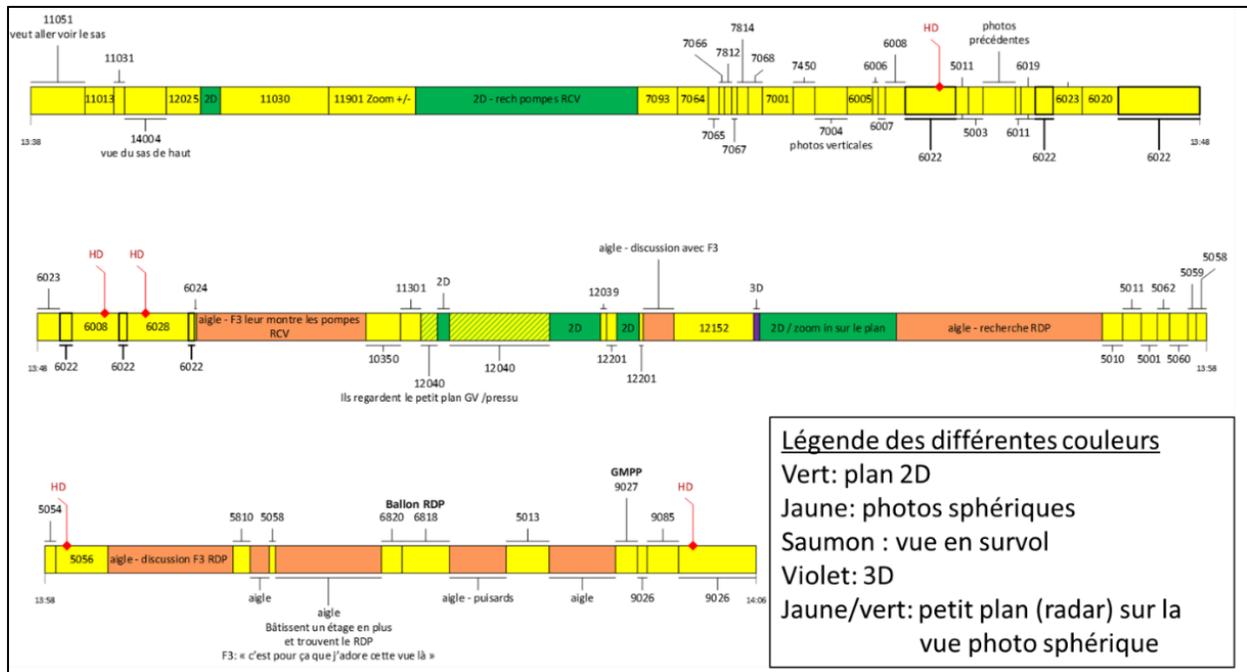


Figure 73. Utilisation des différentes vues lors de la phase navigation libre dans l'EV (séance 5).

Le plan-radar (Figure 74) facilite également l'orientation des acteurs durant les déplacements par téléportation. Même si l'utilisation du plan-radar est généralement ponctuelle et furtive (un coup d'œil), à certains moments, ce plan a été scruté plus longuement par les stagiaires. Un exemple est lorsque M a voulu mettre en lien ce qu'il voyait dans la photo sphérique (lorsqu'il pivotait) et ce à quoi cela correspondait à l'échelle du bâtiment dans son ensemble. M indique lors de l'autoconfrontation :

« Là, on se sert du petit plan, on a zoomé un petit peu pour voir plus précisément où on se situe avec la vue. [...] on ne savait pas trop où on était par rapport au petit point-là. Du coup, on a zoomé et cela nous a permis de voir qu'on était sur cette petite passerelle-là » (Extrait AC, M).



Figure 74. Exemple de photo sphérique avec le petit plan en haut à droite et le petit radar indiquant le champ de vision dans la photo sphérique.

Enfin, pour répondre aux questions, les stagiaires devaient retrouver les organes demandés et vérifier leur identité. Cette identification du matériel ne pouvait se faire qu'à travers les photos sphériques puisqu'il s'agit de la seule vue qui permet de visualiser les détails du bâtiment, de lire les repères fonctionnels (étiquettes) se trouvant sur le matériel, mais aussi de voir les détails de la composition des organes pour répondre aux questions techniques sur le fonctionnement de ces derniers.

IV 3.6.2 Préoccupations-archétype et utilisation de la vue plan 2D

La deuxième vue de l'EV renvoie aux « plans 2D » (Figure 75). Les Préoccupations-archétypes des acteurs lors de l'utilisation des plans 2D sont : (i) vérifier le local dans lequel ils se trouvent / vérifier s'ils sont dans le bon local ; (ii) voir quelle partie du local a été balayée / photos déjà visualisées devenues bleues ; (iii) choisir un point de vue / une photo sphérique ; (iv) changer d'étage / se déplacer vers un endroit plus lointain ; (v) comprendre l'agencement spatial des différents locaux du bâtiment réacteur et puis (vi) utiliser le moteur de recherche.



Figure 75. Exemple de la vue plan 2D. Les points rouges et bleus sont les photos sphériques se trouvant dans les différents locaux de ce niveau. Le local dans lequel se trouve l'organe recherché avec le moteur de recherche est en vert.

Cette vue « plan 2D » a été souvent utilisée durant les scénarios-enquêtes, mais sur des périodes très courtes comparativement aux photos sphériques. Les stagiaires ont eu recours à cette vue tout d'abord pour la fonction de « moteur de recherche » associée. En effet, lors de la recherche d'un repère fonctionnel, l'EV indique le local dans lequel se trouve l'organe correspondant (en vert) (Figure 75). Cependant, le moteur de recherche ne permet pas de se rendre directement sur l'organe¹⁵². Les résultats du moteur de recherche permettent d'identifier le local et d'avoir une description sommaire du rôle de l'organe en question. Ainsi, quand les stagiaires ne connaissaient pas le rôle du circuit, ils se sont parfois appuyés sur les informations données par le moteur de recherche de la vue 2D. Par exemple, en cours d'enquête SI et J (Annexe 9 – recherche ABC) sont « retournés » à la vue plan 2D pour vérifier les informations qui étaient données sur la vanne recherchée (Figure 76). C'est en lisant que la vanne ABC est un « isolement haut » (R) qu'ils en ont déduit qu'il fallait se rendre dans le local RD1003 et non dans le local RD0903 (I).

¹⁵² Le projet ALBERT de la R&D EDF a pour objectif de permettre l'identification du matériel et non pas uniquement du local. Il sera possible d'utiliser le moteur de recherche pour se rendre directement sur le matériel en question.



Figure 76. Résultat du moteur de recherche pour le repère fonctionnel ABC875VB.

Les stagiaires se sont également servis de la vue plan 2D pour se déplacer dans l'EV. En effet, l'affichage des différents locaux se faisant par niveau, il est possible de choisir un local pour s'y rendre. De plus, le fait de pouvoir sélectionner la photo sphérique à ouvrir directement depuis le plan 2D a encouragé les acteurs à utiliser cette vue pour se déplacer quand les déplacements étaient longs (changement de local ou de niveau). Les stagiaires ont également utilisé cette vue pour vérifier s'ils étaient toujours dans le bon local ou pour chercher où ils se trouvaient. En effet, la navigation par téléportation, c'est-à-dire de photo sphérique en photo sphérique en faisant des sauts, peut désorienter et a souvent conduit les acteurs à douter d'où ils se trouvaient, ou de douter du fait qu'il s'agisse ou non du bon local. Ainsi, ils basculaient de la vue photo sphérique à la vue 2D pour vérifier leur position. La vue en plan 2D a également facilité la compréhension de l'agencement spatial des différents locaux du bâtiment réacteur et notamment des gros organes pouvant se répartir sur plusieurs locaux (e.g., recherche de la vanne FGH – Q, séance 3, Annexe 11).

Enfin, une dernière Préoccupation associée à la vue « plan 2D » est celle de vérifier la surface déjà visitée. Cette Préoccupation repose sur la mobilisation d'un type [photos sphériques : sont bleues quand elles ont été déjà ouvertes et rouges quand elles n'ont pas été ouvertes]. Ce type a amené certains binômes à utiliser le plan 2D pour vérifier quel endroit du local ils avaient déjà inspecté (pour aller rechercher dans le reste du local). À titre d'exemple, lors de la recherche d'une vanne IJK, et après avoir mobilisé différents modes de recherche, S1 et J se sont sentis démunis. Ils sont alors retournés au plan 2D et ont remarqué que les photos sphériques se trouvant dans une partie du local étaient encore rouges (non ouvertes et donc non inspectées) (Figure 75), ce qui leur a

permis de faire l'hypothèse que la vanne recherchée devait se trouver dans cette partie du local¹⁵³ (abduction). SI indique lors de l'autoconfrontation :

« En fait ce qui est bleu c'est ce qu'on a déjà vu, n'est-ce pas ? Donc ça on n'a pas vu, donc on va aller se mettre là, il faut cliquer sur ce qui est rouge » (Verbalisation en situation de formation, SI, séance 2).

IV 3.6.3 Préoccupations-archétypes et utilisation de la vue en survol

La troisième vue de l'EV est la vue « en survol ». Les Préoccupations-archétypes associées de l'utilisation de cette vue sont : (i) comprendre/donner à voir l'agencement spatial d'un circuit/organe par rapport à l'ensemble du bâtiment réacteur (formateur et stagiaires) ; (ii) avoir une vision simplifiée de l'ensemble du bâtiment réacteur (formateur et stagiaires) ; (iii) comprendre la taille d'un organe et son positionnement sur les différents niveaux ; (iv) voir les liens entre les organes, les raccordements sur le circuit élémentaire ; (v) rechercher le « gros matériel » modélisé sur cette vue ; (vi) construire et déconstruire le bâtiment réacteur (formateur et stagiaires) ; (vii) choisir un point de vue (photo) par rapport à un élément visualisé.

La vue « en survol » a été utilisée à plusieurs reprises durant la navigation libre et presque pas durant la navigation scénarisée (Figure 76). Les acteurs l'ont principalement utilisée pour comprendre et/ou donner à voir l'agencement spatial d'un circuit/organe par rapport à l'ensemble du bâtiment réacteur. La modélisation des différents organes dans cette vue « en survol », dégagée des murs séparant les locaux¹⁵⁴, permet de les voir et de comprendre leur agencement dans l'espace. C'est ce qui a encouragé notamment M et J à réaliser une grande partie de leur exploration de l'EV pendant la « navigation libre » avec cette vue. M indique lors de l'autoconfrontation :

« Là, ça permet tout de suite de switcher et voir exactement ce qui s'enchaîne par rapport aux différents niveaux. [...] En local, on va prendre l'escalier, on va aller à gauche, à droite et on ne saura pas exactement ce qu'on a tout de suite au-dessus. Vu qu'il y a des cloisons, des murs... Là, on voit vraiment ce qu'il y a niveau par niveau à chaque fois au-dessus ou en dessous. » (Extrait AC, M, séance 5).

¹⁵³ Voir la description détaillée de cette recherche à la section 3.4 chapitre 4.

¹⁵⁴ Les murs sont modélisés, mais la vue en survol fait qu'ils ne sont pas visibles sur cette modélisation.

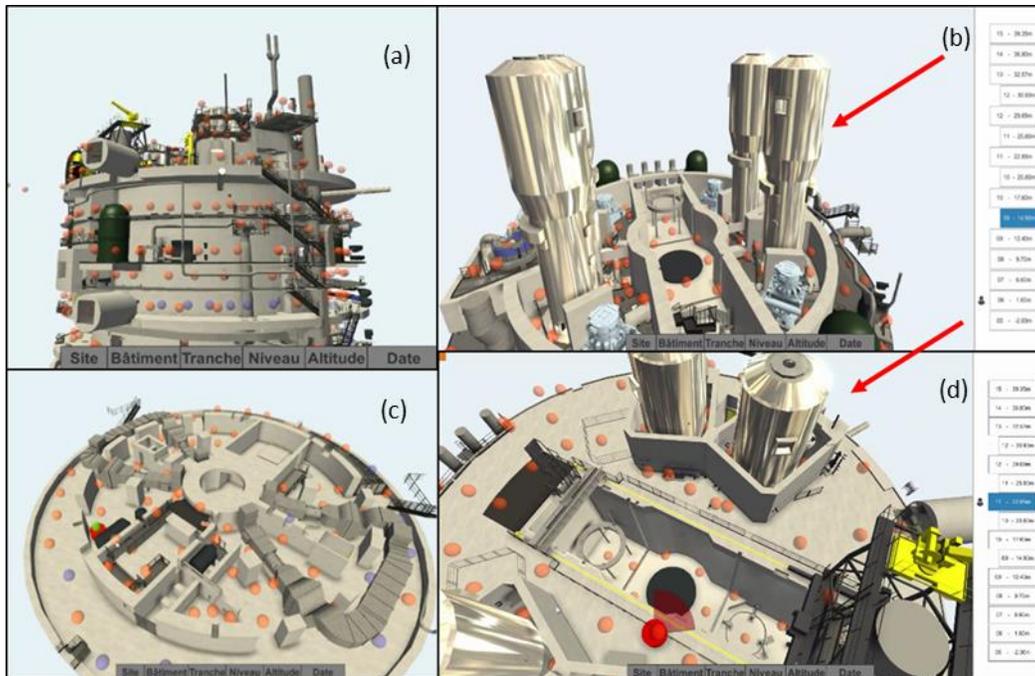


Figure 77. Exemples de la vue en survol.

Cette vue offre une vision simplifiée et minimaliste du bâtiment puisque tous les organes ne sont pas représentés dans cette modélisation. Aussi, autant le formateur que les stagiaires ont navigué à l'aide de cette vue pour voir/ou faire état des gros organes se trouvant à chaque niveau, sans se sentir « noyés » par les détails. Pour les stagiaires qui n'étaient pas encore entrés dans le bâtiment réacteur, cette vue « en survol » permet de comprendre la constitution des gros matériels. En naviguant de niveau en niveau, il est devenu possible pour les stagiaires de construire ou déconstruire le bâtiment, et de repérer quels organes se trouvent à chaque niveau ou sur combien de niveaux un même organe est réparti. À titre d'exemple, sur les images (b) et (d) (Figure 77) les générateurs de vapeur sont visibles sur deux niveaux différents (niveau 9 pour l'image (b) et niveau 11 pour l'image (d)). Ainsi les stagiaires ont pu se rendre compte de la taille des organes et comment y accéder par les différents niveaux.

IV 3.6.4 Préoccupations-archétypes et utilisation de la vue 3D

La quatrième vue de l'EV est une modélisation 3D (e.g., Figure 78). Les Préoccupations-archétypes liées à l'utilisation de cette vue sont : (i) se déplacer (à un endroit précis) dans le bâtiment réacteur virtuel de manière fluide ; (ii) réaliser et rendre compte d'un cheminement ; (iii) avoir un point de vue non « permis » par les photos sphériques (e.g., aller au bord du « balcon » d'un étage supérieur)

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

/ se rendre à un endroit où il n'y a pas de photo sphérique et (iv) suivre un cheminement de la fonctionnalité « GPS » (Figure 78).

Cette vue a été peu utilisée, mais les stagiaires y ont eu recours pour se déplacer de manière fluide dans le bâtiment réacteur virtuel. Contrairement à la téléportation de photo en photo, la vue 3D permet de naviguer en continu sans changer de point de vue ou d'orientation. Les stagiaires l'ont utilisée pour réaliser, mais aussi pour rendre compte (et notamment lors du débriefing) du cheminement dans l'EV.

À titre d'exemple, SI et J ont mobilisé cette vue pour naviguer rapidement et retrouver l'ascenseur qui été modélisé en jaune, comme dans le bâtiment réacteur réel. Cependant, quand ils ont voulu retrouver un point ALARA, ils ont réalisé que ceux-ci n'étaient pas modélisés dans cette vue. En effet, durant la navigation qu'ils ont faite, ils n'ont pas pu retrouver de point ALARA. Ceci les a conduits à basculer ensuite en mode photo sphérique. SI indique lors de l'autoconfrontation :

« Là c'est dur parce que c'est en mode 3D. On a pu trouver l'ascenseur tout de suite en allant se promener. J'ai voulu le faire ensuite pour le point ALARA, mais je n'ai pas pu, je pensais que c'était replanté de cette façon-là, mais ça ne l'était pas. [...] Là, je me suis dit qu'on avait dû en louper un [point ALARA], parce qu'on avait fait presque un quart de la zone, ça commençait à faire long »
(Extrait d'AC, SI, séance 3).

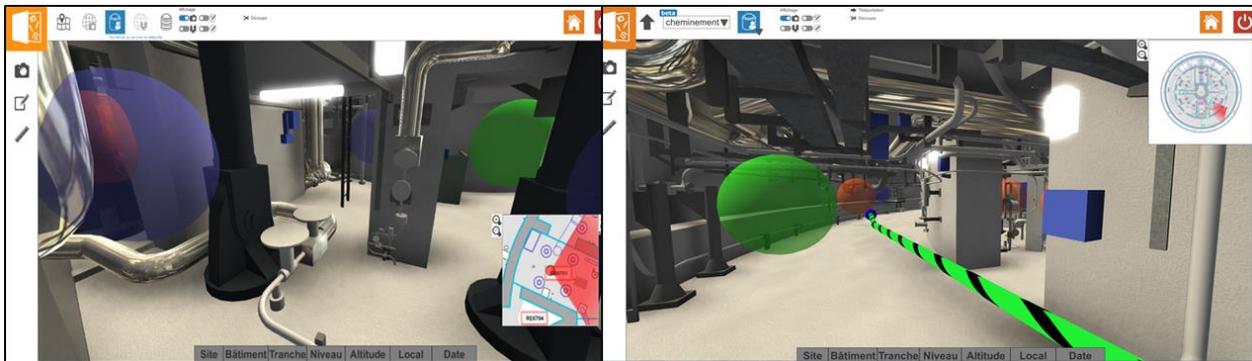


Figure 78. À gauche : exemple de la vue 3D avec le petit plan-radar et bas à droite ; à droite vue 3D pour la fonctionnalité GPS.

Une autre Préoccupation des stagiaires en lien avec l'utilisation de cette vue 3D était de se rendre dans des lieux où il n'y avait pas de photos sphériques disponibles, ou d'avoir des points de vue impossibles par les photos sphériques. À titre d'exemple, pendant que le binôme T et Rn était sur un étage, T a voulu voir le plancher de la piscine (Annexe 12 – Récit Réduit T et Rn chaîne KRT).

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

La photo sphérique ne lui permettait pas d'avoir une bonne visibilité, car les barrières de l'étage auquel il se trouvait bloquaient la vue (Figure 79). Il est donc passé en vue 3D pour pouvoir se rapprocher du bord du plancher (E). En se rapprochant du bord de l'étage, il est devenu possible de visualiser le plancher de la piscine se trouvant en dessous. De la même manière S1 et J ont voulu se rendre à un endroit précis du local pour pouvoir emprunter une crinoline. L'EV n'ayant pas de photo sphérique près de la crinoline, ils sont passés en vue 3D pour se déplacer jusqu'à cet endroit précis. Ainsi même si la vue 3D n'a pas été fréquemment utilisée, elle a pu pallier ponctuellement à certaines des limites de la vue en photo sphérique.

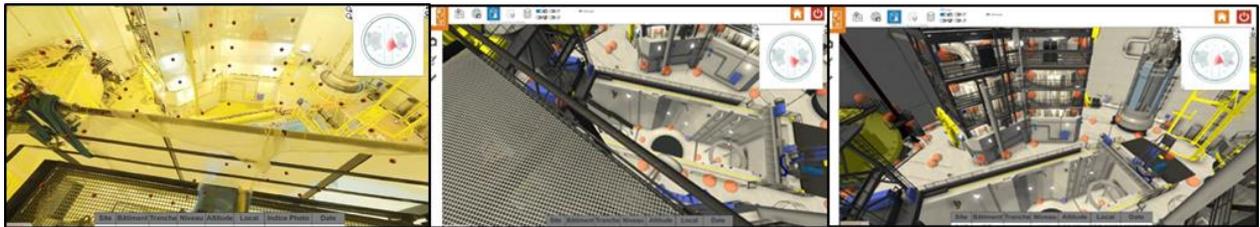


Figure 79. À gauche : vue photo sphérique, à droite : vue 3D permettant de visualiser ce qui se trouve en dessous de l'étage.

Au-delà de ces quelques utilisations particulières, la vue 3D a majoritairement été utilisée par les stagiaires pour rendre compte du cheminement généré par la fonctionnalité « GPS ». Les seules vues qui permettent de visualiser le cheminement proposé par la fonctionnalité GPS sont la vue 3D, la vue en survol et le plan 2D. La quasi-totalité des binômes a utilisé la vue 3D pour illustrer le cheminement qu'ils avaient réalisé.

IV 4. ABDUCTION ET DYNAMIQUE D'APPRENTISSAGE/DÉVELOPPEMENT

Nos résultats contribuent à mettre en lumière les différentes formes d'inférences faites dans la réalisation d'une enquête, et plus précisément la dynamique de formulation d'hypothèses explicatives par abduction. Dans cette discussion intermédiaire, nous précisons la dynamique d'un raisonnement abductif à partir des composantes du signe hexadique, pour en inférer le lien entre les enquêtes abductives et les processus d'apprentissage/développement ; nous clôturons ainsi cette discussion par une réflexion portant sur l'utilité de penser des « laboratoires de curiosités » (Citton, 2018) pour encourager le processus d'abduction chez les stagiaires et leur imbrication (méta-abduction).

L'inférence abductive, c'est-à-dire le processus de formulation d'hypothèses explicatives, est un des trois raisonnements proposés par Peirce (1978). Cette modalité d'inférence est particulièrement investie dans les enquêtes réalisées par les stagiaires. Elle permet la découverte, la recherche, la création de nouveauté, l'apprentissage/développement (Flandin et al., 2021; Sève et al., 2002; Zeitler, 2006).

Les raisonnements abductifs ont comme ancrage (Représentamen) un fait ou une circonstance bizarre, surprenante, curieuse. Cet ancrage s'accompagne le plus souvent d'un sentiment de surprise chez l'acteur, allant d'un simple étonnement au choc, voire à la sidération (Flandin et al., 2018). Dans les cas où l'acteur ne parvient pas à surmonter une telle perturbation, celle-ci peut aussi s'accompagner d'une souffrance et d'un repli sur soi-même. On parle alors d'un vécu d'impasse (Salini & Durand, 2020; Salini & Poizat, 2021). L'Unité Élémentaire associée à un raisonnement abductif est caractérisée par des dimensions d'imagination, d'invention, de création et d'interprétation du fait ou de la circonstance étonnante. L'étonnement se manifeste quand « les anticipations de l'acteur ne sont plus valides, lorsque le réel résiste, lorsque sa capacité d'agir est empêchée » (Thievenaz, 2017, p. 110). S'il est indispensable pour la découverte ou l'apprentissage par abduction, il n'est pas suffisant en lui seul. Il est nécessaire que l'acteur puisse interpréter l'événement bizarre, autrement dit, qu'il y ait un Engagement (E) de sa part pour comprendre le fait étonnant, imaginer une solution ou une mise en relation de choses qui n'avaient pas de liens jusqu'alors. Cela peut l'amener à une activité de recherche et d'expérimentation en imaginant

d'autres stratégies d'action que celles qui ont déjà été éprouvées comme fécondes dans des situations similaires. L'abduction permet, par analogies, similitudes, métaphores et ressemblances, de mettre en relation des types et plus généralement de rapprocher des phénomènes et objets que l'acteur n'avait pas pensé à rapprocher ou à mettre en relation auparavant.

Catellin (2014), qui rapproche l'abduction et la sérendipité - au cœur du processus de la découverte - ajoute que c'est pour cette même raison qu'il convient de ne pas définir le processus de découverte par sérendipité comme un « hasard heureux ». En effet, la dimension « hasardeuse » ne conditionne pas une découverte. Elle a une place seconde, mais pas secondaire puisque le hasard peut faire surgir un événement perturbateur ou stimuler un raisonnement imaginatif. Reste qu'il faut pouvoir interpréter cet événement et l'interprétation ne relève pas du hasard (Catellin, 2014). Nos résultats confirment empiriquement ces hypothèses théoriques ainsi que la position de Peirce qui refuse d'associer l'abduction à un fait de hasard ou à une intuition. En effet, ce n'est pas par hasard ou à la suite d'une intuition instinctive (ou spontanée) que Q a fini par retrouver la conduite recherchée. En réalité, ce dernier a mobilisé, mis en relation et aussi invalidé une multitude de types lui permettant de faire émerger une hypothèse explicative [la vanne recherchée est une vanne à commande déportée se trouvant sur deux différents niveaux].

Nos résultats sur les enquêtes réalisées par les stagiaires lors du dispositif Scénario-enquête montrent que le processus d'abduction est encouragé et adopté dans deux cas de figure : (i) l'absence de types ou relation entre types du Référentiel de l'acteur lui permettant de comprendre la situation, et (ii) difficulté à discerner les types et à mettre en relation les types pertinents pour la situation. Cette difficulté de sélection des types pertinents se traduit par une restriction des possibles de l'Actualité Potentielle de l'acteur et maintient l'acteur dans une forme d'incertitude. La recherche de la vanne FGH par Q (section 3.4, chapitre 4) rend compte de ce deuxième cas de figure. En effet, en mobilisant une multitude de types, Q s'est retrouvé bloqué dans son enquête, car ces types ont trop restreint et limité son objet de recherche (sa structure d'anticipation E-A-S). L'abduction dans ces deux cas permet de (i) mettre en relation des types pour créer des hypothèses explicatives, mais aussi dans le deuxième cas (ii) invalider des types qui bloquaient provisoirement le champ des possibles. Nos résultats convergent avec les travaux montrant l'importance des abductions comme modalité de dépassement d'un vécu d'« impasse ».

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

À travers l'étude des abductions et de l'interprétation que les acteurs font du fait ou de la circonstance surprenante, il devient possible de comprendre le rôle et la forme des épisodes de réflexivité dans les enquêtes. Cela illustre également l'intérêt de penser les espaces de formation comme des « laboratoires de curiosité » (Citton, 2018), c'est-à-dire comme des espaces ou des objets qui encouragent la curiosité et qui permettent d'« aller au-delà de ce qui nous arrive comme attendu » (p. 23). Ces espaces favorisent « l'attention réfléchie » (Citton, 2014) et offrent la possibilité de faire un « pas de côté » pour encourager les raisonnements abductifs par des analogies, métaphores et similitudes. De plus, ces « laboratoires de curiosité » pourraient permettre non seulement l'interprétation d'une circonstance curieuse à partir d'un faisceau hypothétique de relations provisoires et plausibles, mais aussi des processus de méta-abduction, processus qu'Eco (1992) désigne comme la « confrontation du “monde possible” [(E-A-S)] avec le “monde actuel” [(U-R)] dans lequel il évolue » (Yocaris, 2011, p. 2).

IV 5. AVANCÉES TECHNOLOGIQUES

Cette section présente les avancées technologiques et illustre comment le collectif de recherche et de conception¹⁵⁵ a initié différentes boucles courtes de transformation du dispositif Scénario-enquête en s'appuyant sur les résultats empiriques de l'activité des acteurs (formateur et stagiaires). Rappelons que contrairement à l'étude 1, le dispositif Scénario-enquête ne préexistait pas avant notre recherche et ne cherchait pas directement à répondre à des objectifs pédagogiques prédéfinis par le plan de formation de l'UFPI.

Nous revenons dans la suite de cette section sur les différentes évolutions qui ont conduit à la 3^{ème} génération du dispositif. Cette 3^{ème} génération marque une certaine forme de stabilisation dans la scénarisation pédagogique du dispositif dans la mesure où celle-ci n'a plus évolué au cours des sept dernières éditions. Cela n'exclut pas de potentielles transformations qui seraient opérées à l'avenir par les formateurs qui animeront ce dispositif dans la centrale qui a collaboré pour cette recherche ou dans d'autres centrales (qui commencent à ce jour à mettre en place le dispositif Scénario-enquête).

Les différentes transformations du dispositif seront présentées en deux temps, avec d'abord (i) les transformations des consignes de la navigation scénarisée, (ii) puis les transformations qui concernent la scénarisation pédagogique, le séquençage, et les ressources mises à disposition dans le cadre du dispositif.

IV 5.1 Transformations de la scénarisation des consignes

Les évolutions de la scénarisation des consignes sont différenciées entre (i) celles apportées pour la deuxième génération et (ii) celles apportées pour la troisième génération.

IV 5.1.1 D'un ensemble de « points d'intérêt » vers une intervention qui fait sens pour les stagiaires et encourage les enquêtes abductives

Les améliorations qui ont conduit à la deuxième génération reposent sur les éléments suivants :

- (i) Les résultats empiriques relatifs à la transformation du Référentiel des stagiaires en relation avec les différents modes de recherche archétypes mobilisés par ces derniers.

¹⁵⁵ Le groupe de recherche est constitué par les formateurs et chercheurs.

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

- (ii) Un principe « d’encouragement des enquêtes abductives » dans la perspective de favoriser la construction de significations nouvelles à partir de modalités analogiques ou métaphoriques.
- (iii) La Préoccupation fondamentale du formateur de préparer les stagiaires pour les premières entrées dans le bâtiment réacteur pour manœuvrer.
- (iv) L’artificialité et le manque de sens de l’enquête en termes de « points d’intérêt ».
- (v) La Préoccupation du formateur de faire des liens entre la formation théorique (Vi²BR) et les enquêtes conduites par les stagiaires dans ce nouveau dispositif.

La modification des consignes a été guidée par les résultats sur la transformation du Référentiel des stagiaires, c’est-à-dire la construction de nouveaux types ou relation entre types, ainsi que leur affaiblissement, invalidation ou renforcement, documentés par la composante de l’Interprétant. À l’issue de l’analyse du cours d’expérience des stagiaires et des formateurs lors des deux premières séances, il a été décidé que les consignes devaient décourager le mode de recherche *balayage total*. Le mode de recherche archétype *balayage total* a été observé (i) quand les stagiaires ne connaissaient pas le système élémentaire de l’organe recherché, ou (ii) quand ils ne pensaient pas ou n’arrivaient pas à mobiliser leurs connaissances acquises. À titre d’exemple, quand Fc et Ed ont recherché la vanne RCP417VP, ils ne connaissaient pas encore le rôle de ce système élémentaire¹⁵⁶. Ne pouvant pas s’appuyer sur des connaissances acquises pour leur recherche ils ont cherché à partir de la seule connaissance qu’ils avaient de cette vanne, à savoir qu’elle se trouvait dans le local RB0701. Cette connaissance a été construite en utilisant le moteur de recherche de l’EV qui indique le local dans lequel se trouve chaque organe recherché (à condition de connaître le repère fonctionnel). Fc a indiqué lors de l’autoconfrontation :

« *Je ne connaissais pas encore le circuit là et on ne l'a encore pas vu, si ce n'est aujourd'hui en théorie¹⁵⁷ ; donc voilà. Je ne savais pas trop à quoi m'attendre. [...] [connaître le circuit] aurait facilité la chose ; parce que tu as des points de repère, tu sais que cette vanne-là elle fait ça. Par rapport aux matériels que tu as ; tu arrives à situer les vannes. Ça ne veut pas dire que tu la trouveras forcément à côté, elle peut être à l'étage en dessous. Mais ça peut aider en fonction du gros matériel que tu trouves. » (Extrait AC, Fc, séance 1).*

¹⁵⁶ Système élémentaire : Famille d’organes contribuant à la réalisation d’une fonction de la centrale. Par exemple, le Système Élémentaire RCP regroupe tous les composants du circuit primaire.

¹⁵⁷ L’autoconfrontation a été réalisée le lendemain de la séance ; les stagiaires n’avaient donc pas encore vu en séance théorique le rôle du circuit recherché la veille.

Vn illustre quant à lui le cas d'une stagiaire qui a réalisé un *balayage total*, car il était incapable de mobiliser ses connaissances dans la situation présente. Pour rechercher la vanne ABC271VZ, Vn a utilisé le moteur de recherche et s'est rendu dans le local indiqué. Une fois dans le local, il a procédé par *balayage total* en zoomant sur toutes les vannes rencontrées pas-à-pas dans le local. En arrivant au fond du local et en apercevant l'accumulateur ABC¹⁵⁸ (R), il a réalisé qu'il connaissait déjà la vanne recherchée et qu'il l'avait même déjà manipulée (I). Il s'est alors dit qu'il aurait pu s'y rendre beaucoup plus rapidement en mobilisant ses connaissances relatives au système, et s'il s'était d'abord demandé de quelle vanne il s'agissait avant d'utiliser le moteur de recherche.

On était en train de chercher l'ABC 171 VZ. J'étais un peu perdu, parce que j'ai utilisé l'EV bêtement, je sais ce que c'est, je sais à quoi correspond le système, mais je suis parti bêtement en tapant la vanne, et je suis arrivé dans le bon local. Je savais que la vanne-là était à côté de l'accu, la grosse bâche qu'on voyait, mais moi j'étais persuadé d'être dans le bon local, donc je cherchais comme ça. Si j'avais réfléchi, je pense que je l'aurais trouvé plus vite. [...] C'est quand je vois l'accu, que je relie la vanne et que je me dis forcément c'est ça. On a un peu procédé à l'envers en fait. On aurait dû faire l'inverse, d'abord... Par rapport aux lettres des systèmes on sait à peu près à quoi on doit s'attendre, mais là on a un peu procédé à l'envers parce qu'on a d'abord cherché le local, puis la vanne sans vraiment réfléchir, et seulement après quand on a fait le rapprochement on a cherché de manière plus logique, en cherchant les tuyaux, alors qu'on aurait dû faire l'inverse... d'abord regarder ce que c'était, puis après aller chercher dans le local et chercher directement. (Extrait AC, Vn, séance 1)

Les modes d'Engagement *balayage orienté par des indices et recherche à partir du gros matériel* offrent plus d'opportunités de transformations du Référentiel des stagiaires. Ceci est lié au fait que les stagiaires ne cherchent pas uniquement à visualiser une par une les étiquettes se trouvant sur les organes, mais ils mettent en relation des types déjà construits avec des types provisoires sur lesquels ils s'appuient pour réaliser leurs enquêtes. Ces types provisoires sont d'ailleurs confirmés ou invalidés au cours des enquêtes. L'analyse montre que ces types provisoires résultent soit d'abductions (formulation d'une hypothèse explicative), soit de déductions (en mobilisant des types théoriques), et plus rarement d'induction (généralisation de types déjà construits). Ces types peuvent concerner l'apparence de l'organe, son rôle, ou encore l'endroit où il se situe.

¹⁵⁸ Accumulateur ABC (accu ABC) : Les accumulateurs ABC sont des réservoirs sous pression se vidant automatiquement dans le circuit de refroidissement du réacteur, lorsque sa pression est anormalement basse.

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

De plus, le *balayage total* ne coïncide pas avec les pratiques en matière de *recherche de matériel* déployées sur le terrain par les AT plus expérimentés. En effet le bâtiment réacteur étant un lieu potentiellement dosant, il est important d'y rester le moins longtemps possible et d'avoir des pratiques de recherche plus efficaces. C'est pour cela que les AT expérimentés mobilisent différents types leur permettant d'orienter leur recherche dès le début.

Trois transformations visaient à encourager des recherches par *balayage ciblé* ou par le *gros matériel*. Comme précisé précédemment, le *balayage total* a été observé : (i) lorsque les stagiaires ne connaissaient pas le système élémentaire d'appartenance de l'organe recherché ou (ii) lorsque les stagiaires utilisant le moteur de recherche ne pensaient pas à mobiliser les types déjà construits par rapport au circuit en question. La première modification a été de remplacer dans les consignes toutes vannes dont le système élémentaire n'avait pas encore été étudié en cours théorique par d'autres dont le système élémentaire avait été abordé en cours. La deuxième modification a concerné la constitution des binômes : dans la mesure du possible, les binômes ont été constitués pour comprendre au moins un des deux stagiaires qui connaissait le bâtiment réacteur, ou avait une expérience professionnelle dans le domaine de la Conduite ou du nucléaire.

La troisième modification visait à limiter l'utilisation du moteur de recherche qui, comme illustré par le cas de Vn, pouvait indirectement conduire les stagiaires à réaliser un balayage un-à-un de tous les organes se trouvant dans un local sans s'interroger au préalable sur les rôle/apparence/emplacement de ces organes, même s'ils connaissaient le système élémentaire ou, comme le cas de Vn¹⁵⁹, même s'ils avaient déjà manœuvré cet organe. Aussi certaines des consignes de la deuxième génération étaient sous forme d'un parcours recherchant du « gros matériel » et pas des organes qui peuvent être retrouvés à partir du repère fonctionnel. À partir de là, le moteur de recherche ne présentait plus vraiment un intérêt pour les stagiaires qui devaient mobiliser d'autres connaissances pour retrouver les organes et emplacements demandés (e.g., consignes-papier de la séance 3, Annexe 13).

L'utilisation du moteur de recherche a également été découragée par l'introduction des organes « ambigus » se trouvant dans deux locaux différents et pour lesquels le moteur de recherche

¹⁵⁹ Voir section 3 chapitre 4.

indiquait deux locaux et non plus un seul : les « vannes à commande déportée¹⁶⁰ ». Les « vannes à commande déportée » se trouvent en effet sur deux locaux différents (l'un au-dessus de l'autre) : le corps du robinet se trouve dans un local, au même endroit que le tuyau du circuit, et la tête de la vanne avec le volant de manœuvre est « déportée » dans un second local pour que l'agent soit éloigné du circuit dosant¹⁶¹ (Tableau 63). L'étiquette du repère fonctionnel qui permet d'identifier l'organe se trouve uniquement sur la partie où il y a le volant de manœuvre. Ainsi, pour réaliser les consignes, les stagiaires ont dû non seulement retrouver le corps du robinet, mais aussi la tête de la vanne et le volant de manœuvre. Mais pour arriver à identifier ces deux parties du robinet, il faut faire en amont l'hypothèse que l'organe recherché est une « vanne à commande déportée ». En effet, la visualisation du corps de robinet ne suffit plus puisqu'il n'est pas possible d'identifier la vanne sans le repère fonctionnel. Par ailleurs, le volant de la vanne ne ressemble pas à ce que les stagiaires s'attendent à retrouver quand ils cherchent un robinet d'isolement enceinte (voir par exemple recherche de la vanne FGH de Q).

Tableau 63. Verbalisations du formateur lors de la réunion de préparation. Choix d'une vanne à commande déportée.

Verbalisations du formateur lors de la réunion de préparation de la deuxième génération du dispositif
<p>« Si on prend ce robinet, la personne quand elle va arriver si elle prend l'étage où il y a le robinet en lui-même, mais pas la commande, elle peut faire tout l'étage, à aucun moment elle ne trouvera ce robinet, car toutes les indications du robinet seront au-dessus, sur la tête du robinet. Maintenant il a du bol, il tape le premier local est c'est le bon, il y a la tête du robinet, il va naviguer un peu, il va le trouver, il va le voir, par contre il n'a toujours pas le robinet. Il a le volant, mais il ne sait pas à quoi ressemble le robinet en dessous. Donc il est obligé de naviguer en dessous.</p> <p>En plus, ils n'ont pas vu d'exemple de ce type de vanne jusqu'à présent durant leur formation. On en parle, d'un point de vue théorique ils savent que ça existe, mais ils ne savent pas à quoi ils ressemblent. [...]</p> <p>C'est des vannes à risques radiologiques importants, c'est-à-dire qu'elles sont sur des circuits qui sont très irradiants, RCV en particulier, PTR, se sont des circuits à haut risque d'irradiation et contamination si jamais il y avait une quelconque fuite vers l'extérieur. C'est plus que la sécurité classique, c'est de la sécurité de radioprotection pour nous. Ensuite, il y a des circuits qui sont dans le BAS, comme EKI et ABC qui à la base ne sont pas dosants, par contre à partir du moment où on va avoir un incident ou un accident ces circuits vont devenir très irradiants. Donc nous ce qu'on fait, on</p>

¹⁶⁰ Vanne à commande déportée : c'est une vanne dont le système d'ouverture / fermeture (volant manuel par exemple) se trouve dans un local différent du reste du corps de la vanne

¹⁶¹ Les circuits sur lesquels se trouvent ces vannes et robinets ne sont pas dosants en cas de fonctionnement normal, mais peuvent le devenir en cas d'incident ou accident sur la centrale. Cependant, le robinet d'isolement introduit dans l'Enquête-papier n'a pas besoin d'être manœuvré sauf en cas d'incident (pour isoler le circuit dans le bâtiment réacteur), d'où l'intérêt que les agents soient protégés par une protection physique (mur en béton) en cas de besoin de manœuvre.

a les corps de robinets qui sont dans une pièce dans le circuit et on a construit une pièce en dessus, et dans cette pièce-là on a mis quelques-unes des têtes de robinets. C'est le principe de la vanne FGH, c'est-à-dire que le FGH n'est pas dosant, normalement on doit pouvoir toucher ce robinet sans souci, excepté que la traversée enceinte là c'est l'isolement complet du FGH intérieur bâtiment réacteur et si on est mené à l'isoler, c'est que le FGH serait contaminé. Et donc le FGH deviendrait dosant, donc très dangereux pour le personnel, donc nous ce qu'on fait, on déporte les commandes, on les met à l'étage en dessus, tu as l'épaisseur béton qui fait que tu as déjà cette protection. »

Dans le cas des organes « ambigus », les binômes sont ainsi contraints de mobiliser leurs connaissances ou de choisir au hasard un des deux locaux (rendant l'enquête plus longue en cas d'erreur). L'intérêt était double : (i) technique d'abord, puisque ces vannes à commande déportée sont spécifiques aux lieux à forts risques d'irradiation, et (ii) pédagogique ensuite, puisqu'elles imposaient de mobiliser des connaissances acquises ou de mener des enquêtes. Des organes « ambigus » avaient été l'objet des tout premiers scénarios-enquêtes avec la recherche des vannes ABC. Ce choix non délibéré pour les premières séances a donc été une source d'inspiration pour la suite.

Concernant le formateur, ses intentions lors de ces phases de co-conception ont été (i) d'aider les stagiaires à mieux identifier du matériel typique ou critique dans le bâtiment réacteur (e.g., vannes à commande déportée) ; (ii) d'aider les stagiaires à se familiariser avec les premières interventions à réaliser dans le bâtiment réacteur (l'intervention dans sa globalité : environnement de travail, conditions d'accès, constitution des équipes et temporalité du déroulement de l'intervention) ; (iii) de s'approcher d'une situation réelle en réalisant un « pré-job briefing » individuellement avec chaque stagiaire pour préparer une intervention.

Lors de la phase « retours à chaud des stagiaires » du débriefing, certains d'entre eux ont témoigné de leur intérêt pour la réalisation de fiche de manœuvres complètes, telles qu'illustrées lors du dispositif Vi²BR qui permettraient de faire une mise en situation correspondant à l'intégralité d'une fiche de manœuvre et pas uniquement de se focaliser sur certains robinets isolés. Cette piste intéressante s'est révélée difficile à mettre en œuvre en raison de plusieurs contraintes, qui avaient découragé l'utilisation de telles fiches manœuvres lors des premières séances (1^{ère} génération) : la difficulté de trouver une fiche de manœuvre pour laquelle tous les robinets se situent dans le bâtiment réacteur (et non dans d'autres locaux de l'installation), la possible difficulté pour les stagiaires de retrouver certains robinets (certaines photos sphériques ne permettant pas une

visualisation des étiquettes), et la grande quantité de robinets à manœuvrer pour réaliser une fiche de manœuvre en lien avec les contraintes de temps de la formation. Malgré cela, le formateur était lui aussi intéressé par cette piste de transformation du dispositif. Ceci rencontrait sa Préoccupation fondamentale qui était de familiariser les stagiaires avec les premières interventions qu'ils seraient amenés à réaliser dans le bâtiment réacteur. (Tableau 64).

Tableau 64. Extrait des verbalisations du formateur lors de la réunion de préparation du dispositif.

Verbalisations du formateur lors de la réunion de préparation des Enquêtes de la deuxième génération
Le mois prochain, les stagiaires vont être tous sollicités par la tranche 4 pour faire le premier weekend d'arrêt de tranche. [...] Ils seront en équipe de quart, et ils vont rentrer dans le bâtiment réacteur pour déclasser les zones rouges, pour poser les premiers régimes de consignation avec des techniciens confirmés et habilités. Ils partent en binôme pour pouvoir rentrer. Ce qui permet aux équipes de quart, parce que tant que le bâtiment réacteur n'est pas déséclusé tu es obligé de rentrer à deux, tu n'as pas le droit de rentrer seul, ce qui veut dire que si t'es équipe de quart tu fais rentrer deux personnes à chaque fois, tu perds du personnel, tu as moins de personnel disponible. Eux feront partie des binômes et donc ça va soulager beaucoup les équipes de quart. Donc pour eux c'est une première approche déjà, de voir un peu comment c'est à l'intérieur du bâtiment réacteur, de voir un peu ce qu'on peut leur demander dedans. Et nous on peut créer des Enquêtes qui englobent le type de missions qu'eux vont avoir, tu vois ? Déclasser des zones rouges, le cheminement pour aller faire toutes les zones rouges ¹⁶² du bâtiment réacteur et savoir exactement où tu vas aller, ce que tu vas faire... Par exemple. La pose de la première consignation de vidange, qu'eux vont certainement avoir à poser. Le cheminement, la robinetterie qui va être impactée par... et tout ça... on peut leur faire, c'est des Enquêtes qu'on peut leur proposer. Comme ça ils auront déjà un premier aperçu, ça leur permettra de démystifier le bâtiment réacteur, enlever peut-être une partie de son stress et de ses angoisses à devoir rentrer... Voir que c'est ni plus ni moins qu'un bâtiment avec du matériel comme la salle des machines ou les extérieurs ou le BAN, qu'il n'y a rien de plus dedans. [...] En plus ça permet d'aborder la façon dont une FM s'applique. Elle ne s'interprète pas, tu n'as pas le droit d'interpréter une FM. Quand on te la donne, tu l'appliques, tu la prends et tu commences par lire la première ligne et tu la suis. Donc les gens apprennent aussi à suivre la FM telle qu'elle est demandée.

Ainsi, trois fiches de manœuvre ont été sélectionnées par le formateur et simplifiées pour être réalisables compte tenu des contraintes listées précédemment. Ces fiches de manœuvre ont également permis au formateur de renforcer les liens avec le cours Vi²BR. Les fiches de manœuvres choisies impliquaient majoritairement des thématiques ou des organes abordés lors du cours Vi²BR. Pour le formateur, il était important que les fiches conduisent les stagiaires à revoir et à rechercher

¹⁶² Zones rouges : Une zone rouge est un espace où les interventions sont soumises à autorisation d'EDF et doivent avoir un caractère exceptionnel, en raison des risques liés à la radioactivité à cet endroit.

par eux-mêmes des organes dont ils avaient déjà entendu parler. À titre d'exemple, la fiche du « déclassement des zones rouges » (Annexe 14) concernait une intervention sur du matériel déjà abordé lors du cours théorique (générateur de vapeur, la piscine, le pressuriseur, les pompes primaires...), tandis que la fiche « traversée FGH » permettait de revenir sur les différents types de traversées existantes et sur les organes que les stagiaires retrouveront sur une traversée. F3 indique lors de l'autoconfrontation :

« Dans le scénario, ils concrétisent en fait ce qu'ils ont vu le matin, de par les consignes, en allant rechercher ces traversées par exemple... Les consignes sont plus calquées sur le module du matin que les séances précédentes, ou on avait sorti, des parties de fiches de manœuvres, des points d'intérêt. Tandis que là, c'est péché un peu de la même manière, mais elles sont liées au module du matin et elles sont complètes » (Extrait AC, F3, séance 3).

IV 5.1.2 De la réalisation d'une manœuvre courante vers une mise en situation

« hors du commun » inspirée d'un incident vécu par le formateur

Les transformations de la scénarisation associées à la troisième génération reposent sur le souhait du formateur de proposer aux stagiaires des mises en situation permettant d'aborder des manœuvres d'exploitation plus rares et critiques (e.g., mettre en back-seat un robinet qui fuit). Ces manœuvres sont cruciales, notamment lorsqu'elles doivent être réalisées en urgence en cas d'incident ou d'accident. Par ailleurs, le formateur souhaitait aborder un sujet rarement traité en formation : les entrées dans le bâtiment réacteur en puissance. En s'inspirant d'un épisode marquant¹⁶³ qu'il avait lui-même vécu en tant qu'AT, celui-ci a élaboré un Scénario-enquête nécessitant deux entrées consécutives en puissance comme il avait dû le réaliser¹⁶⁴. Ses Préoccupations lors de la conception étaient :

¹⁶³ Épisode marquant : un événement vécu par l'acteur et considéré comme significatif pour lui parce qu'il représente i) soit un moment « intéressant, favorable » à son développement professionnel, une situation d'efficacité ou de dénouement d'une impasse professionnelle, ii) soit un moment déstabilisant, problématique, ou difficile dans laquelle l'acteur est engagé et cherche à mettre en place des nouvelles solutions face à l'inefficacité des habitudes et dispositions à agir déjà instaurées.

¹⁶⁴ Dans l'entreprise, l'utilisation des retours d'expérience (REX ou RETEX) est récurrente dans les situations formations, mais également dans les situations de travail.

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

- Encourager les stagiaires à identifier du matériel typique (e.g., vanne IJK) ou critique (e.g., vanne RAZ) dans le bâtiment réacteur.
- Aider les stagiaires à réaliser des manœuvres critiques (e.g., mise en back-seat d'une vanne qui fuit).
- Aider les stagiaires à se projeter dans des situations à risques et à trouver des solutions face à des aléas.
- Aider les stagiaires à comprendre et avoir un esprit critique sur les décisions prises (en leur donnant durant le du « pré-job » briefing toutes les informations relatives à la procédure à respecter lors d'une entrée en puissance) (Tableau 65).
- Utiliser le dispositif Scénario-enquête pour évaluer des connaissances déjà acquises dans d'autres modules de formation (e.g., robinetterie, électricité).

Tableau 65. Extrait AC, F3, séance 5.

Extrait AC, F3, séance 5

F3 : Là, je rentre vraiment dans le pourquoi de ce qu'on va faire maintenant.

C. : Pourquoi, c'est-à-dire ?

F3 : On a passé un EP. Pourquoi est-ce qu'on va rentrer dans le bâtiment réacteur en puissance ? Ils savent, puisqu'on en a discuté un peu, mais alors, pourquoi on va rentrer dans le bâtiment réacteur en puissance ? Parce qu'on a les autorisations bien spécifiques qui nous disent que pour un attendu, il faut être inférieur à 230 litres/heure. Tant que tu es en dessous, tu navigues et jamais de la vie on ne fera rentrer personne. Par contre, là, on est franchement hors limite. C'est pour cela qu'on va se poser des questions. C'est pour cela qu'on va faire un choix.

C. : Toi, tu veux qu'ils comprennent l'importance finalement, de l'attendu et...

F3 : Exactement, entre l'attendu et ce qu'on a et comment on va gérer ce qu'on a. Il faut comprendre, on a des responsabilités à prendre, des décisions à prendre, il faut qu'on les prenne et là, ce sont eux qui les prennent.

Le nouveau scénario proposé permettait également de revenir sur une manœuvre technique spécifique : la mise d'un robinet en « back-seat ». Cette manœuvre consiste à isoler un robinet pour qu'il ne fût plus. Cette manœuvre, qui rend le robinet définitivement inutilisable, permet d'arrêter la fuite et de sécuriser le circuit en attendant le prochain arrêt de tranche et l'arrêt du réacteur. F3 lors de l'entretien de remise en situation a précisé :

« Je reviens sur ce type de robinets, parce qu'il est bien particulier aussi, qu'il est important pour nous. Donc je leur demande de faire une capture des deux robinets, robinets verts, plus l'air de commande associée. La manœuvre particulière pour étancher la fuite, c'est de mettre le robinet sur

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

back-seat. C'est une sécurité arrière. Cela permet d'étancher le robinet. Par contre, une fois que c'est fait, le robinet, tu le prends, tu l'égouttes, tu le jettes. Au prochain arrêt, ce robinet-là, il faut le changer, tu n'as plus le choix. Une fois que tu es venu sur un back-seat, le robinet n'est plus jamais étanche de sa vie, il est mort, mais quelque part, tu as étanché une fuite, ce qui nous permet de naviguer jusqu'au prochain arrêt de tranche » (Extrait entretien de remise en situation, F3, séance 4).

Nous l'avons vu, une des Préoccupations du formateur était d'apprécier à travers le scénario les connaissances construites dans d'autres modules de formation, notamment lors du stage de robinetterie et des cours sur l'électrotechnique. Cette évaluation formative informelle (et non sommative) lui permet de dresser un bilan des connaissances acquises, d'identifier des éléments sur lesquels un rappel sera indispensable, voire de solliciter les équipes de Conduite afin qu'elles fassent certains rappels ou qu'elles permettent aux stagiaires de refaire certaines manœuvres. Cette fonction en matière d'évaluation des connaissances est d'autant plus importante que le dispositif « Scénario-enquête » est réalisé en fin du cursus de formation initiale des AT. F3 indique lors de l'autoconfrontation de second niveau :

« Ici ma question est "est-ce que nos cellules électriques, donc chaque départ est conforme ?", c'est quelque chose qu'on a vu en amont lorsqu'on a travaillé sur notre cellule électrique et ça me permet quelque part aussi de voir s'ils ont assimilé. Si ce n'est pas assimilé, même sans leur en parler, je sais qu'il va falloir que je reprenne certaines choses. [...] Ce qu'on fait là, c'est une manière pour moi de revoir si certaines choses qui ont été faites en amont sont assimilées ou pas. C'est quelque chose que je ne faisais pas au début, c'est-à-dire que c'est notre montée en puissance, l'amélioration des Enquêtes qui ont fait que je peux me permettre ce genre de choses. Au départ, cela ne m'a même pas traversé l'esprit. Au départ, c'était : qu'est-ce qu'on fait dedans ? Qu'est-ce qu'on met ? Et est-ce que ce qu'on a mis est déjà bien ? Aujourd'hui, c'est un vrai module de formation, il me semble, ce qu'on fait. » (Extrait AC de second niveau, F3).

Ce dernier point montre l'appropriation progressive du dispositif par le formateur et l'exploration des possibles. Ici, ce dernier a décidé d'intégrer certaines questions, liées à la manœuvre proposée aux stagiaires, mais lui permettant aussi de vérifier certaines connaissances.

La scénarisation de l'intervention vécue du formateur en deux fiches de consignes consécutives (une pour chacune des deux entrées qu'il a dû effectuer) permet de confronter les stagiaires à une enquête s'éloignant des fiches de manœuvre plus « courantes » (structurant les scénarios-enquêtes

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

de deuxième génération). La scénarisation d'une situation vécue « hors du commun » impose aux stagiaires de (re)construire du sens face à des aléas (décrits dans la consigne) et de ne pas se limiter à la simple réalisation d'une procédure ou d'un geste technique. F3 indique lors de la préparation de la séance 4 :

« *La préparation pour la fuite a été impressionnante. Réunion de crise avec le DU, PCD1, deux CE et nous deux [deux AT]. On a fait une simulation de l'entrée et de l'intervention sur la tranche 3 qui était à l'arrêt. Ensuite on a réalisé l'entrée en puissance avec une tenue blanche, port de l'ARI, mesure neutrons et gamma. Quand le sas s'est ouvert dans le bâtiment réacteur il y avait de la vapeur partout, du bruit, le noir ...juste la lampe de poche* » (Verbalisations de F3 durant la réunion de préparation de la séance 4).

Cette évolution de la 3^{ème} génération s'est appuyée également sur l'analyse des séances précédentes qui a montré la complexité de certaines consignes et le manque de temps pour réaliser certaines fiches manœuvre, comme l'exprime F3 en autoconfrontation :

« *A ce moment-là, je prends conscience que les fiches de manœuvre sont peut-être un peu trop compliquées ... peut-être... même sûrement encore trop complexes pour eux. J'ai regardé ma montre et je me suis dit que ni D ni G n'auraient le temps de finir les Enquêtes à temps. Ce n'est pas un problème puisqu'on leur avait dit qu'ils ne sont pas obligés de tout faire, mais je sens que G ça le perturbe de ne pas aller jusqu'au bout. Mais tout ça, voilà, on apprend, on fait...on adapte, c'est une évolution des Enquêtes qu'on a au fur et à mesure* » (Extrait AC, F3, séance 3 GrB).

Les transformations des consignes pour aboutir à la troisième génération ont principalement été réalisées par le formateur seul. Celui-ci a élaboré seul les nouvelles consignes qu'il a ensuite soumises au groupe de conception. Même si cette approche restait collective, il est très intéressant de remarquer que le formateur est devenu de plus en plus « à l'initiative » dans la re-conception du dispositif, adoptant une démarche puisant dans les résultats et les pistes formulées par l'analyse du cours d'expérience en amont. Ainsi, la dernière génération du dispositif concrétise (i) la volonté du formateur d'évoquer une situation « non nominale » que les stagiaires n'abordent habituellement pas et ne rencontreront pas en formation, mais aussi (ii) les résultats des analyses et boucles itératives précédentes.

IV 5.2 Transformations de la scénarisation pédagogique du dispositif au-delà des consignes

Dans cette deuxième sous-section, nous présentons les différentes améliorations qui ont été apportées au dispositif pédagogique dans son ensemble, autrement dit à l'organisation globale des différents éléments du dispositif (temps de réalisation de l'enquête, scénarisation de la navigation, ressources utilisées, etc.).

Soulignons ici que le dispositif Scénario-enquête, mis en place de manière expérimentale, a rapidement été introduit officiellement dans le cursus initial des AT de la centrale. Cette introduction, associée à l'intérêt manifeste des stagiaires et des formateurs, a permis de disposer de ressources supplémentaires notamment en termes de temps. Le dispositif a pu s'étendre ainsi à deux demi-journées (au lieu d'une initialement).

IV 5.2.1 Encourager les enquêtes opportunistes et non-utilitaires en ajoutant la phase de navigation libre

Une des premières modifications opérées a été d'ajouter une phase de navigation libre dès la deuxième séance. Cette phase avait le double objectif de (i) laisser du temps aux stagiaires pour se familiariser avec l'EV avant de devoir réaliser la navigation scénarisée, et (ii) permettre aux stagiaires de réaliser des enquêtes non-contraintes et de partager leurs expériences passées. La durée de la navigation libre avait été fixée à vingt minutes lors de la troisième séance puis de trente minutes pour les séances qui ont suivi. Cette augmentation du temps pour navigation libre s'est appuyée sur les résultats de l'analyse du cours d'expérience des stagiaires et sur la dynamique de transformation du Référentiel. L'intérêt pour ces enquêtes non-contraintes a été observé pour l'ensemble des stagiaires. Ces enquêtes permettant de visualiser des éléments emblématiques pour eux (jusqu'alors uniquement imaginés), de poser ou de poursuivre des questionnements, ou encore de partager leur expérience ont été accompagnées d'une expérience avec une tonalité très positive.

Par ailleurs, les objets de leurs enquêtes lors de la phase de navigation libre (e.g., ballon RDP, emplacement de la chaîne KRT ou encore endroit où se branche la platine de la cuve, etc.) étaient considérés comme des organes et interventions typiques ou critiques par le formateur. Aussi des éléments abordés par certains binômes durant la phase de navigation libre ont également été

exploités par le formateur lors du briefing ou du débriefing (dès lors que le formateur considérait important de collectiviser ces éléments).

IV 5.2.2 Différencier les consignes de chaque binôme pour un débriefing plus riche

Une autre amélioration mise en place à partir de la deuxième génération a été de différencier les scénarios-enquêtes de chacun des binômes afin d'enrichir le débriefing et de demander à chaque binôme de présenter leur manœuvre. Ainsi, même si certaines questions portant sur des robinets critiques étaient identiques pour tous les binômes (e.g., retrouver un détenteur RAZ), les fiches de manœuvre à réaliser ont été différenciées pour chaque binôme, ainsi que les conditions d'accès dans le bâtiment réacteur. Aussi, chaque binôme avait une intervention particulière à réaliser. Cette variété permettait d'éviter les redondances dans la phase de « restitution des Enquêtes » par les différents binômes. Cette modification a été introduire suite à un manque d'intérêt ou à une frustration des stagiaires durant le débriefing des deux premières séances. S1 indique lors de l'autoconfrontation :

« En les écoutant, je me rends compte qu'ils ont un scénario similaire, c'est les mêmes types de vannes, mais pas dans les mêmes locaux. Je suis en train de me dire que c'est bien, que ça nous fera moins de choses à dire après. On était le dernier groupe, donc tout a déjà été dit avant » (Extrait AC, S1 séance 2 GrB).

Premier binôme à restituer, Vn avoue en autoconfrontation qu'il n'était plus attentif à la séance au moment de la présentation du troisième groupe :

« Là ? Ben, pour être honnête je n'écoute plus trop, je pense à autre chose. Ils montrent le même cheminement qu'on a fait et que le groupe d'après a fait également. Il n'y a plus de surprise » (Extrait AC, Vn, séance 1 GrB).

Pour pallier cette situation, les interventions des enquêtes-scénarisées ont été modifiées. La Préoccupation du groupe de conception était de proposer et de structurer une restitution qui puisse ouvrir le débat entre le formateur et les stagiaires. C'est pourquoi le formateur a proposé de faire entrer les binômes par des sas (entrées) se situant à des endroits différents lors des scénarios-enquêtes de la troisième génération. Pour le formateur, il s'agissait de débattre avec les stagiaires et comparer les deux cheminements afin de déterminer lequel était le plus favorable en termes de rapidité et/ou d'exposition. Lors de l'entretien de remise en situation, F3 indique

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

« Enquête B, deuxième entrée dans le bâtiment-réacteur. Ils rentrent et ils prennent un cheminement. Là, je les fais tout de suite rentrer par 6,60, ils rentrent, ils vont remettre l'éclairage tout de suite en service. Après, cela nous permet de comparer les deux cheminements de 22 mètres ou de 6,60 lors du débriefing. Quel est le moins pénalisant pour les agents ? C'est aussi pour cela que c'est fait » (Extrait d'entretien de remise en situation, F3, séance 4).

Un point particulièrement intéressant concernant la phase du débriefing des séances de troisième génération est que les deux binômes ne savent pas que leurs interventions sont reliées (que la deuxième entrée dans le bâtiment réacteur est la conséquence de la première entrée) et le découvrent lors des restitutions. Ainsi, lors de la restitution du deuxième binôme, Rn ressent un vif sentiment d'intérêt et d'implication. La découverte de la suite de l'intervention qu'il venait de présenter est alors investie de multiples attentes. Rn indique lors de l'autoconfrontation :

« Là c'est vraiment intéressant parce que c'est dans la continuité. En plus, c'est une histoire vraie, donc c'est vrai que c'est toujours intéressant de voir la continuité de l'histoire, de ce qu'on vient de faire, pourquoi ils ont dû intervenir, à quel endroit et tout » (Extrait AC, Rn, séance 5).

Les stagiaires découvrent également lors du débriefing que ces deux interventions ont été inspirées par l'expérience vécue du formateur. Après les restitutions de chacun des groupes, le formateur évoque l'activité qui fut la sienne lors de ces interventions passées en précisant les entrées réalisées, l'état du bâtiment réacteur, l'expérience vécue, les doutes et stress ressentis, et enfin la façon dont l'aléa a été résolu. Ce récit a marqué les stagiaires qui ressentent un Engagement mimétique et une projection dans l'intervention déjà réalisée.

« C'est bien de le faire en enquête dans le dispositif, mais c'est bien d'avoir aussi une histoire vraie à raconter. Un truc vécu, c'est parfois un peu plus parlant qu'une simple consigne sur papier ou en image. Ce n'était pas mal que F3 nous raconte cela. On arrivait un peu mieux à comprendre et à voir ce qui se passe avant, pendant, ce qui se passe en salle de commande, tout ce qui gravite un peu autour. [...] Là, il nous parle en fonction des pressions de température qu'on a à peu près sur le circuit primaire et c'est vrai que fuite primaire, 155 bars, on le voit quand même, donc cela ne doit pas être beau à voir, il y a des risques. Ce n'est pas top. C'est impressionnant à entendre, de rentrer là-dedans dans le noir, plein de vapeur partout... il y a quand même pas mal de risques » (Extrait AC, M, séance 5).

Une des Préoccupations du formateur lors du récit de son expérience passée lors de cette double intervention est d'expliquer notamment aux stagiaires qu'à l'époque, n'ayant pas à disposition un EV représentant le bâtiment réacteur, ils avaient simulé l'intervention dans une autre tranche de la

centrale en arrêt. Il insiste sur le fait qu'ils avaient eu la chance d'avoir cette tranche en arrêt et pouvoir entrer dans celle-ci pour anticiper le cheminement et visualiser le lieu où ils avaient à intervenir. Les stagiaires ont lors de ces séances particulièrement pris conscience que l'EV était non seulement une ressource nouvelle pour la formation, mais également pour le travail de terrain des AT notamment dans la phase de préparation des interventions. Lors de son autoconfrontation, T a insisté sur l'importance de bien préparer l'intervention et sur la ressource que constitue l'EV pour cette préparation :

« *Franchement, je reviens à ce que F3 a vécu. Franchement, demain, tu as vraiment une intervention à faire, c'est sympa, tu présentes avant de partir, tu perds 15, 20 minutes, mais il vaut mieux passer 15, 20 minutes là et que tout le monde donne son avis et tout pour être sûr que quand tu es dedans et qu'il n'y ait pas un plus gros pépin. Il vaut mieux le préparer comme ça. Si tu as le logiciel là, autant l'utiliser.* » (Extrait AC, T, séance 5).

F3 en a ressenti un sentiment de satisfaction dans la mesure où il s'agissait d'un message essentiel qu'il souhaitait faire passer aux stagiaires.

IV 5.2.3 Visualiser des organes dans l'EV et les manœuvrer sur des maquettes

Le travail sur les maquettes physiques est une phase qui a été ajoutée à l'étape « Réaliser la navigation scénarisée et suivre les consignes » suite à l'analyse du cours d'expérience des stagiaires. Ces maquettes sont des robinets identiques aux robinets qui se trouvent dans le bâtiment réacteur. L'introduction de cette séquence sur maquettes physiques résulte d'un constat et d'une opportunité. L'analyse du cours d'expérience des stagiaires lors des premières séances (première génération) avait montré que ces derniers ne se souvenaient pas des procédures et actions à réaliser pour certaines manœuvres malgré la réalisation récente du stage de robinetterie. Ainsi, lorsqu'ils retrouvaient les robinets dans l'EV, les stagiaires n'étaient pas toujours en mesure de répondre à la question : « Comment procédez-vous pour manipuler cette vanne / cet organe ». Une opportunité s'est alors présentée avec l'inauguration du « Bâtiment Maquette » de la centrale quelques jours avant la réunion de préparation et de co-conception des scénarios-enquêtes de la deuxième génération. Ainsi le groupe de co-conception a décidé de déplacer la réalisation du dispositif dans ce nouveau bâtiment équipé de salles de formation. Aussi, après avoir retrouvé les organes dans l'EV, les stagiaires étaient invités à aller les manœuvrer sur les maquettes.

Les stagiaires avaient alors la possibilité de « prendre en main » les robinets à manœuvrer, de réaliser les manœuvres et actions demandées et voir les mouvements des mécanismes. À titre d'exemple, V1 a regardé attentivement la « course » de la vanne quand elle se fermait. Il s'agissait pour lui de s'approprier une vision d'AT lui permettant de savoir si la vanne manœuvre réellement ou pas. Les vannes bougent souvent très peu quand elles s'ouvrent ou elles se ferment. Il était donc important pour V1 « d'avoir l'œil » et d'être en mesure de déterminer si la vanne avait suffisamment bougé pour réaliser la course entière ou pas. En retrouvant le détendeur RAZ dans l'EV, Rn s'est rendu compte quant à lui qu'il ne se souvenait pas comment il fallait s'y prendre pour le régler. Ainsi la réalisation de cette manœuvre critique sur la maquette lui a permis de se souvenir et surtout de « faire » cette manœuvre qu'il n'avait jamais réalisée sur un robinet réel auparavant (dans le bâtiment réacteur ou dans le Bâtiment Maquette). Rn indique lors de l'autoconfrontation :

« Là, je me dis que ce n'est pas mal de refaire un petit récap là-dessus, parce je ne savais plus trop comment cela marchait. Du coup, il nous a refait un petit récap j'ai réglé la pression, c'était très utile. » (Extrait AC, Rn, séance 5).

Le formateur a apprécié cette phase de travail sur les maquettes, puisqu'il était plus pour lui facile d'expliquer directement les manœuvres devant celles-ci, d'autant que ces robinets avaient été sélectionnés par le formateur en raison de leur typicité (robinets que les AT devront régulièrement manœuvrer dans le bâtiment réacteur) et de leur criticité (e.g., robinets dont la manœuvre est rare et complexe, robinets situés dans des endroits à risques).

IV 5.2.4 Faire un pré-job briefing comme en équipe de quart

Une autre modification apportée au dispositif de deuxième génération est un temps de « pré-job briefing » au cours duquel le formateur et le stagiaire préparent l'intervention de la navigation scénarisée. Cette étape est habituellement réalisée avant chaque intervention sur le terrain par l'AT et la personne demandeuse de l'intervention (Chef d'Exploitation, Opérateur, ...). Ce pré-job a été réalisé individuellement lors de la troisième séance et collectivement pour les séances suivantes. Pour le formateur, il s'agissait d'accompagner les stagiaires dans la recherche des informations dans la documentation fournie, de les aider dans la lecture de la fiche de manœuvre, mais aussi de la préparer en fonction des conditions d'entrée dans le bâtiment réacteur. F3 indique lors de l'autoconfrontation :

Chapitre 4 - Deuxième Étude : Dispositif Scénario-enquête

« Alors ici, on est en train de parler des entrées bâtiment réacteur... tu en as un qui entre dans le bâtiment réacteur éclusé, un en cours de déséclusage, et un bâtiment réacteur déséclusé. Donc les manip et les conditions d'accès sont différentes pour les trois. Donc là K faut qu'il arrive à situer à quel moment sa manip est demandée, qu'il sache comment il doit accéder dans le bâtiment réacteur. On en discute à partir aussi de la documentation, pour qu'il sache où trouver ces informations. La partie pré-job est super importante parce que... Vl qui va déclasser des zones rouges, il ne peut pas se permettre de rentrer dans le bâtiment réacteur de la même manière que K peut le faire. Et il fait qu'ils arrivent à se situer dans l'intervention, à visualiser l'intervention »
(Extrait AC, F3, séance 5).

SYNTHÈSE DE LA DEUXIÈME ÉTUDE (SCENARIO-ENQUETE)

Ce chapitre détaille les résultats empiriques et technologiques portant sur l'analyse du cours d'expérience des formateurs et stagiaires lors du dispositif Scénario-enquête. Ce dispositif consiste en une enquête réalisée par les stagiaires en binômes utilisant l'EV représentant l'environnement authentique de travail, ainsi que d'autres ressources (documentation, maquettes physiques, etc.). Il est constitué de trois étapes (i) la navigation libre dans l'EV, (ii) la réalisation de l'enquête à partir d'une navigation guidée dans l'EV et un travail sur des maquettes physiques, et (iii) un débriefing permettant la restitution de l'enquête par les stagiaires ainsi qu'un retour sur le dispositif. Ce dispositif a été mis en place puis amélioré dans une démarche d'ergonomie des situations de formation à partir de quatre boucles itératives. Cinq promotions d'agents de terrain ont ainsi participé à ce dispositif qui s'est décliné par trois générations distinctes. L'analyse du cours d'expérience des acteurs (un formateur et douze stagiaires) a été réalisée à partir (i) de données d'observation filmée, (ii) des autoconfrontations, (iii) des autoconfrontations de second niveau, (iv) des verbalisations simultanées et interruptives, et (v) des entretiens de remise en situation à partir de traces matérielles.

Les résultats explicitent l'organisation du cours d'expérience des stagiaires lors de la navigation (libre et scénarisée) dans l'EV. Ainsi trois modes de recherche-archétype (balayage total, balayage ciblé et recherche à partir du gros matériel) ont coexisté pour mener les enquêtes et trouver les matériels à identifier. Les enquêtes des stagiaires ont été caractérisées au regard des catégories d'inférences émises (abduction, déduction et induction), ce qui a permis de mettre en lumière le rôle essentiel des enquêtes abductives dans la construction/renforcement/invalidation et mise en relation de types. Les résultats montrent aussi le lien entre les Préoccupations des acteurs et l'utilisation des différentes modalités de visualisation (plan 2D, photos sphériques, 3D, vue en survol) offertes par l'EV.

La discussion intermédiaire porte une réflexion quant à l'intérêt de penser des « laboratoires de curiosités » qui encourageraient les processus d'abduction et leur imbrication (méta-abduction).

D'un point de vue technologique, cette étude menée sur un temps relativement long a permis une évolution incrémentale du dispositif Scénario-enquête avec l'ajout à chaque étape d'éléments contextuels (manipulation de robinets physiques en complément de l'enquête virtuelle, nouvelle scénarisation de l'enquête à partir d'un épisode marquant vécu par le formateur, etc.) visant à rendre l'enquête plus proche du travail d'agent de terrain.

CHAPITRE V

TROISIEME ÉTUDE : DISPOSITIF NAVIGATION- RECIT (NARE)

Ce chapitre présente la troisième étude empirique réalisée dans le cadre de notre travail de recherche. L'objet de cette étude est d'analyser le cours d'expérience des AT récemment habilités, lors du dispositif Navigation-Récit. Il s'agit d'un dispositif d'accompagnement des jeunes habilités s'appuyant sur le récit de leur expérience vécue et la navigation dans l'EV. Ce chapitre est constitué de cinq sections.

- La section 1 présente les principes de conception du dispositif NaRé.
- La section 2 détaille l'instanciation de l'Observatoire et de l'Atelier méthodologique de cette étude.
- La section 3 présente les résultats empiriques.
- La section 4 est une discussion des résultats empiriques de cette étude.
- La section 5 présente les avancées technologiques.
- Synthèse du chapitre

V 1. GENÈSE ET PRINCIPES DE CONCEPTION DU DISPOSITIF NAVIGATION-RECIT (NARE)

L'objectif de cette troisième étude est d'explorer les possibilités offertes par l'EV en matière d'accompagnement des AT nouvellement habilités. En ce sens, elle se distingue des deux premières études qui portaient sur l'utilisation de l'EV en formation initiale (Figure 80). Cette étude vise à préfigurer des utilisations possibles de l'EV comme aides à l'accompagnement et au développement professionnel des AT.

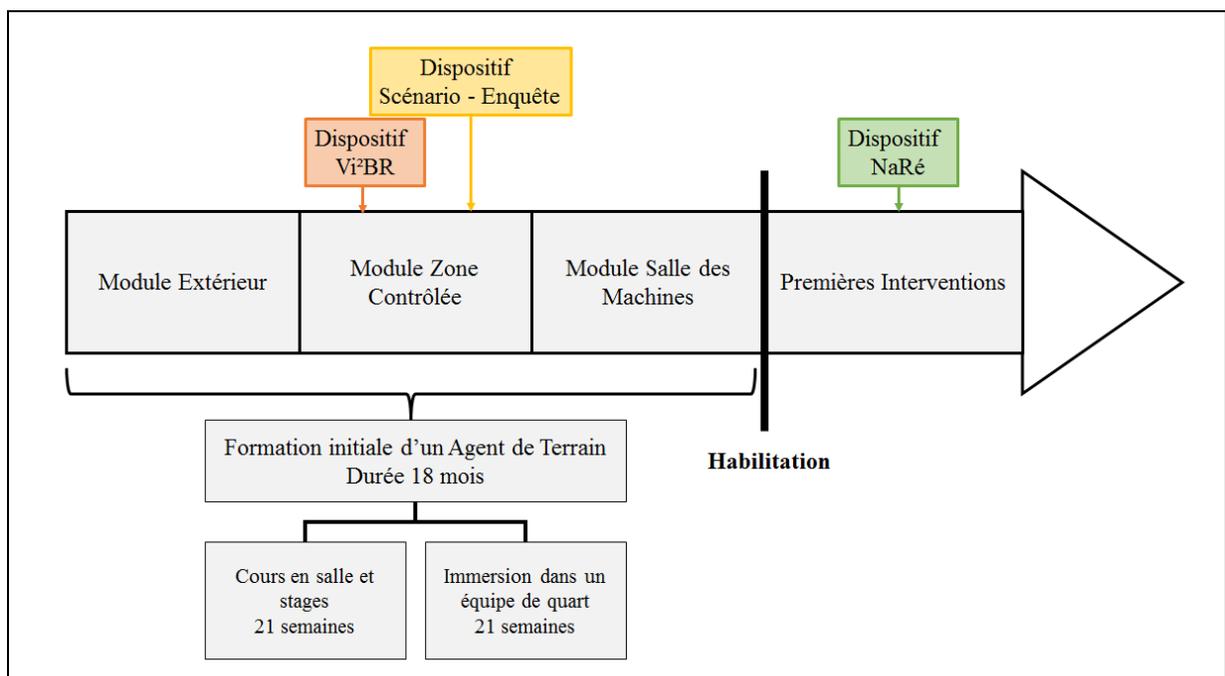


Figure 80. Positionnement des trois dispositifs pendant le parcours de formation et l'habilitation d'un AT.

Nous avons imaginé le dispositif NaRé (Figure 81) comme un moyen (i) d'accompagner les jeunes habilités durant leurs premières interventions dans le bâtiment réacteur et (ii) de capitaliser sur ces premières interventions afin de mieux les exploiter à des fins d'apprentissage/développement.

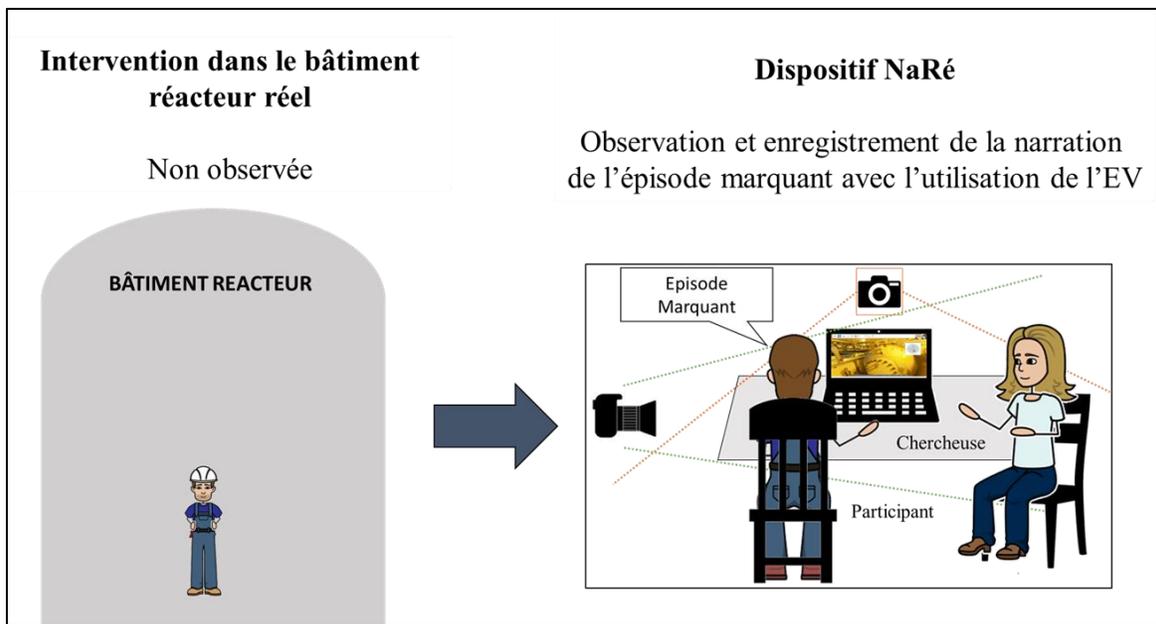


Figure 81. Illustration du dispositif NaRé.

Le dispositif consiste à demander à des AT récemment habilités, ayant déjà vécu une ou plusieurs interventions dans le bâtiment réacteur, de sélectionner et raconter une intervention marquante qu'ils ont vécue dans le bâtiment réacteur. Le récit de leur expérience est accompagné par la navigation dans l'EV pour illustrer le cheminement et les organes qu'ils ont dû manipuler lors de l'intervention. Ce récit est suivi d'une deuxième phase, encourageant cette fois-ci une activité réflexive sur cette intervention en particulier ainsi que sur leur travail en général. Dans un premier temps sont présentés les enjeux d'un accompagnement des jeunes habilités, suivis par les trois éléments qui ont guidé la conception de ce dispositif.

Au cours de leur cursus de formation, lorsque les AT stagiaires sont en immersion au sein de leur équipe de conduite, certains d'entre eux ont la possibilité d'accompagner un AT habilité dans le bâtiment réacteur, lorsque des manœuvres d'exploitation sont prévues par le planning de l'arrêt de tranche. Dans ce contexte, ils peuvent réaliser certaines manœuvres dans le cadre de leur compagnonnage, c'est-à-dire sous la responsabilité et le contrôle d'un agent habilité. Néanmoins, une fois habilités, les premières interventions dans le bâtiment réacteur, dont ils endossent pour la première fois la pleine responsabilité, restent souvent une source d'appréhension. Les contraintes qui pèsent sur les AT sont multiples : comme dans tout milieu industriel, ils doivent assurer leur propre sécurité dans un milieu complexe (risques de chutes, bruit, locaux encombrés, pertes de repères spatiaux liés la multitude de chantiers et de balisages qui changent au cours d'un arrêt de

tranche, zones radioactives interdites, etc.), tout en réalisant des interventions parfois soumises à des contraintes temporelles fortes pour ne pas retarder le planning de l'arrêt de tranche. Pour les AT nouvellement habilités, les facteurs de stress sont d'autant plus importants qu'ils savent qu'une intervention de qualité est attendue par l'équipe de conduite. En effet, une erreur de manipulation peut avoir des conséquences importantes sur l'installation, alors même qu'il s'agit pour eux d'une première manipulation dont ils n'ont pas encore fait l'expérience.

Par la suite, nous présentons les trois éléments qui ont guidé la conception de ce dispositif : (i) la littérature sur le récit d'expériences professionnelles, (ii) la méthode des incidents critiques, et (iii) les résultats empiriques des deux études précédentes.

La mise en récit des situations de travail réel favorise l'apprentissage/développement (Lorino, 2005), comme cela a été démontré dans le cadre des métiers de l'aéronautique militaire par exemple (Marchand, 2011). Brown et al. (2005) postulent que la présentation d'une idée ou d'une information sous forme d'histoire (*story*) est acceptée, mémorisée et appliquée plus facilement que si elle était proposée ou imposée, notamment pour des éléments qui ne sont pas tangibles, comme des valeurs et des attitudes à adopter. Ce n'est pas l'histoire/épisode qui importe, mais l'activité narrative en elle-même (*storytelling*) : « *We discovered that it wasn't story that was having the impact, but storytelling* » (J. S. Brown et al., 2005, p. 119). Enfin, certaines approches en analyse de l'activité considèrent que la mise en récit de l'expérience engendre une transformation de l'acteur et de son « pouvoir d'agir » (Clot, 2008).

La conception du dispositif NaRé est également inspirée de la méthode des incidents critiques (Flanagan, 1954), adaptée pour documenter des épisodes d'activités passées. Les récits produits par cette méthode mettent en évidence des événements qui ont été perçus comme marquants par les acteurs. Cette méthode a trouvé son premier usage dans les études de l'Aviation Psychology Program de l'armée des États-Unis. Pour Flanagan (1954) : « the critical incident technique consists of a set of procedures for collecting direct observations of human behavior in such a way as to facilitate their potential usefulness in solving practical problems and developing broad psychological principles » (p. 327). La flexibilité de cette méthode a encouragé son utilisation, son appropriation et sa transformation dans différents champs disciplinaires : psychologie (e.g., Felio & Carayol, 2013; Pourin et al., 2001), sciences de l'éducation (e.g., Durat, 2014; Leclerc et al., 2010; Ortoleva & Bétrancourt, 2017), ou encore ergonomie (e.g., Casse & Caroly, 2019; Cuvelier,

2011; Gendre, 1968; Leplat, 2004; Letzkus, 2004; Poupon et al., 2017; Rogalski & Leplat, 2011). L'appui sur cette méthode, dont l'intérêt pour la formation professionnelle est déjà attesté par la littérature (Durat, 2014; Leclerc et al., 2010), nous a paru particulièrement pertinent dans le cadre de la conception du dispositif NaRé.

Toutefois, le dispositif NaRé diffère en partie des objectifs sous-jacents à la méthode des incidents critiques de Flanagan (1954) qui portait initialement sur l'analyse d'événements négatifs (incidents ou accidents). Pour notre part, avons choisi la dénomination « épisode marquant », plus pertinente vis-à-vis de la finalité du dispositif présentée ici. En effet, il se distingue de la notion d'incident critique sur deux points : i) les épisodes ont été choisis par l'acteur lui-même, car ils sont marquants de son point de vue, et non en raison de facteurs ou normes extérieurs et ii) le caractère marquant des épisodes choisis ne préjugeait pas d'une dimension positive ou négative. Ainsi, nous entendons par épisode marquant un événement vécu (en l'occurrence dans le bâtiment réacteur) par l'AT et considéré comme significatif pour lui parce qu'il représente (i) soit un moment « intéressant, favorable » à son développement professionnel, une situation d'efficacité ou de dénouement d'une impasse professionnelle (e.g., une intervention réalisée pour la première fois, ou quelque chose qu'il a vu ou compris et qu'il trouve important pour son métier) ; (ii) soit un moment déstabilisant, problématique ou difficile, dans lequel l'acteur est engagé et cherche à mettre en place des nouvelles solutions face à l'inefficacité des habitudes et dispositions à agir déjà instaurées (Leclerc et al., 2010), comme par exemple ne pas trouver ou ne pas savoir comment manipuler un organe, ou encore se tromper dans une manœuvre.

Enfin, les résultats des deux premières études, Vi²BR et Scénario-enquête, mettant en avant l'intérêt des récits d'expérience pour l'apprentissage/développement des AT en formation, ont aussi été source d'inspiration pour la conception du dispositif NaRé. L'étude Vi²BR montre comment les récits des formateurs engagent les stagiaires dans une expérience projective, prometteuse pour leur apprentissage/développement. La simultanéité de la visualisation des photos sphériques de l'EV et de l'écoute des récits expérientiels des formateurs incite l'émergence de cette expérience projective. De cette façon, le potentiel des récits des formateurs est « augmenté » par la visualisation des lieux et des organes concernés. De plus, le récit d'événements vécus par les acteurs en amont favorise l'émergence des débats « denses » sur le travail réel (Mollo & Nascimento, 2013). Enfin, les résultats ont pointé différents épisodes de *reenactment* d'expériences

Chapitre 5 - Troisième Étude : Dispositif NaRé

vécues par les acteurs, considérés comme des affordances propres au couplage avec l'EV. Ces résultats montrent que non seulement les récits de l'expérience vécue présentent un potentiel transformatif, mais aussi que l'expression de cette expérience vécue peut être encouragée par la visualisation de l'environnement authentique de travail grâce à l'EV. L'étude Scénario-enquête témoigne également de la construction de connaissances par les stagiaires lors de la narration du récit par le formateur lors du débriefing.

La démarche de conception adoptée pour cette troisième étude est essentiellement exploratoire, dans laquelle il s'agit de proposer un *proof of concept*, ou en d'autres termes, l'expérimentation d'un dispositif dans une temporalité trop courte pour donner lieu à la mise en place de boucles itératives. Nous nous sommes inspirés de l'approche *Design Based Research* (S. Barab & Squire, 2004; Design-Based Research Collective, 2003; Ortoleva et al., 2012) visant à étudier le potentiel pour l'apprentissage/développement d'hypothèses et situations de formation dans une approche située et écologique (Schot et al., 2019), puis de produire et d'étendre les connaissances sur la conception d'artefacts, de dispositifs et de situations de formation, pour finalement formuler à la suite de nouvelles hypothèses en matière de théorie de l'apprentissage.

Ainsi, l'objectif de cette étude est de mettre à l'épreuve le potentiel des récits expérientiels couplés à la visualisation des lieux authentiques de travail pour accompagner l'apprentissage/développement des AT récemment habilités, afin de proposer des pistes pour capitaliser et exploiter au mieux les premières interventions dans le bâtiment réacteur.

V 2. OBSERVATOIRE ET ATELIER SPÉCIFIQUE A L'ÉTUDE 3

Cette section précise l'instanciation de l'Observatoire et de l'Atelier méthodologique mis en œuvre dans cette troisième étude. Elle présente (i) les participants à l'étude, (ii) le déroulement du dispositif, (iii) les méthodes de construction de données, et (iv) les méthodes de traitement des données. Dans le cadre de cette étude, nous avons fait le choix d'une voie moyenne entre rigueur et pertinence (Schön, 1996, p. 202), et avons opté pour une forme d'« opportunisme » méthodique (Girin, 1989). La démarche de traitement et d'analyse des données peut être qualifiée de « compréhensive méthodique » (Theureau & Jeffroy, 1994) : elle vise à documenter opportunément le cours d'expérience des acteurs sans viser une modélisation empirique et analytique de leur activité.

V 2.1 Participants à l'étude

Quatre AT récemment habilités ont participé à l'expérimentation du dispositif NaRé (Tableau 66). Le choix des participants a été réalisé selon quatre critères : (i) leur volontariat à leur participation, (ii) une habilitation obtenue depuis moins de 6 mois ainsi que une ou des manœuvres d'exploitation réalisés dans le bâtiment réacteur depuis leur habilitation, (iii) une utilisation de l'EV en formation afin qu'ils soient déjà familiers avec les différentes fonctionnalités et vues proposées par ce dernier, et (iv) une participation à une des études précédentes et à des autoconfrontations. Ce dernier critère était motivé par l'hypothèse que les participants seraient ainsi déjà en partie familiers avec une forme d'explicitation de l'expérience et du travail réel. Les verbalisations sollicitées dans la première phase du dispositif NaRé se rapprochent, nous le verrons, de celles suscitées lors des autoconfrontations.

Tableau 66. Participants à l'étude NaRé.

Agent jeune habilité	Expérience professionnelle	Type d'intervention	Nbre de jours entre l'intervention et le dispositif NaRé
P1	Premier poste	Manœuvre de déconsignation	18
P2	Alternance 1 an	Manœuvre de déconsignation en fin d'arrêt	15
P3	Alternance 1 an	Intervention à proximité de la piscine	50
P4	Premier poste	Manœuvre de consignation	19

V 2.2 Déroulement du dispositif NaRé

Le dispositif NaRé se compose de trois phases : une phase préliminaire, puis deux autres qui se sont succédées dans le déroulement du dispositif (Tableau 67).

Tableau 67. Présentation du déroulement du dispositif NaRé.

Phases du dispositif NaRé	
Phase préliminaire	Entretien téléphonique pour expliquer le dispositif au participant et l'inviter à sélectionner un épisode marquant
Phase 1	Récit de l'épisode marquant en naviguant dans l'EV
Phase 2	Retour réflexif sur l'épisode marquant

Durant la phase préparatoire, un entretien téléphonique a été réalisé avec les participants au tout début de l'arrêt de tranche pour leur expliquer les objectifs de l'étude et les consignes du dispositif. Pendant cet entretien, il était indiqué aux AT qu'ils devraient sélectionner une intervention parmi celles qu'ils auraient réalisées pendant l'arrêt de tranche. L'objectif était double : (i) que les participants aient réalisé plusieurs entrées dans le bâtiment réacteur et puissent choisir une intervention particulièrement « marquante ou significative » pour eux, et (ii) que les participants gardent des traces (fiches de manœuvre, numéro de local, etc.) de cette intervention pour pouvoir en faire le récit le jour de leur participation au dispositif NaRé. Le Tableau 66 précise le nombre de jours qui se sont écoulés entre la réalisation de l'intervention sélectionnée et le dispositif pour chacun des participants.

La phase 1 du dispositif consiste en la mise en récit de l'épisode marquant par le participant¹⁶⁵ à l'aide de l'EV - lequel est utilisé pour reproduire le cheminement et indiquer les organes manipulés pendant l'intervention. Lors de cette phase, aucune activité réflexive sur l'épisode n'est encouragée. Au contraire, il est demandé à l'acteur d'essayer de « re-vivre » la situation d'intervention, de décrire et de commenter l'activité et l'expérience (conscience préréflexive) qui était la sienne à cet instant. Aussi, cette première phase ne visait pas à provoquer de nouvelles prises de conscience ou interprétations. Il était demandé aux participants de ne pas porter un regard critique sur leur activité, ni de chercher à justifier leurs actions, mais au contraire de décrire celles-ci pas-à-pas, à la manière d'une histoire dont ils ne connaîtraient pas la fin. Il y avait dès lors une forme de « paradoxe » : grâce à l'EV et à la situation d'interlocution, l'acteur était mis en position

¹⁶⁵ Le dispositif a été réalisé individuellement pour chacun des participants.

de développer une réflexion située sur sa propre activité, cependant il lui était demandé de ne pas faire usage de cette possibilité et de se contenter d'exprimer sa conscience préreflexive au moment de la réalisation de son activité, ou encore de décrire ses actions, pensées, émotions, intentions et interprétations au moment de l'épisode marquant.

La deuxième phase consiste à encourager une activité réflexive sur cet épisode marquant. Il est alors demandé au participant de porter un regard analytique et évaluatif sur l'intervention, d'expliquer certaines de ses actions et de ses décisions, d'imaginer les alternatives possibles dans le cas d'une nouvelle intervention, d'explicitier ses difficultés... Il s'agissait également pour le participant d'exprimer les révélations et/ou découvertes a posteriori concernant son activité, pouvant déboucher sur la problématisation de règles d'action et sur la construction (ou la découverte) de nouveaux savoirs et de nouvelles habitudes de travail.

V 2.3 Méthodes de construction de données

La construction de données durant le dispositif NaRé a été réalisée à partir de l'observation (accompagnée de prise de notes) et de l'enregistrement du comportement des acteurs.

V 2.3.1 Observation filmée et prise de notes

Les quatre séances de NaRé ont fait l'objet de trois enregistrements vidéo. Une capture de l'écran de l'ordinateur et de la navigation dans l'EV a été réalisée à l'aide du logiciel OBS Studio. Les comportements de l'AT ainsi que l'écran d'ordinateur ont également été enregistrés à l'aide de deux caméras proposant des angles de vue différents. Le premier angle de vue (sur le côté) (Figure 82) permettait d'avoir des données précises sur l'utilisation de l'EV (les moments où l'acteur pointe quelque chose sur l'écran avec son doigt par exemple plus que d'utiliser la souris). Le second angle de vue (de face) permettait d'avoir des données d'enregistrement sur des expressions corporelles et faciales lors du récit des épisodes marquants. Le Tableau 68 précise la durée de chacune des quatre séances enregistrées lors du dispositif NaRé pour les quatre participants.

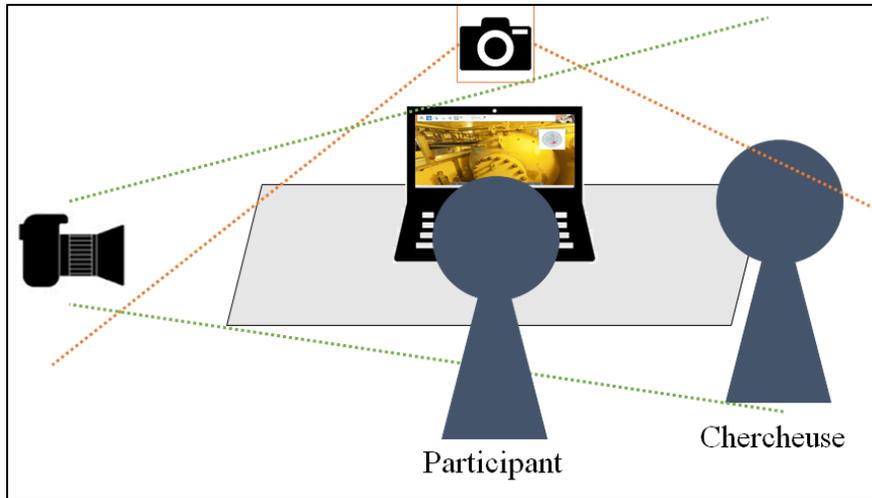


Figure 82. Représentation du positionnement des caméras pour le dispositif NaRé.

Tableau 68. Durée du dispositif pour chacune des quatre séances.

AT	Épisode marquant	Durée du dispositif
P1	À la recherche de la vanne cachée	58 min
P2	Identifier la vanne anonyme	45 min
P3	Voir les tireforts de la cuve	67 min
P4	Retrouver la vanne qui était au plafond	48 min

V 2.3.2 Verbalisations constitutives à l'activité

Toutes les verbalisations constitutives (ou propres) au dispositif NaRé ont été transcrites à partir de l'enregistrement vidéo. Au cours du dispositif NaRé, chaque participant a pu produire un récit de l'épisode marquant et des fragments d'expression de la conscience préreflexive associée à cet épisode passé (plus précaire et moins contrôlée que lors d'une autoconfrontation), ainsi que des verbalisations lors de la phase réflexive.

Ces verbalisations du participant lors du dispositif NaRé ont été accompagnées de relances de la part de la chercheuse visant l'animation du dispositif et la construction de données pour l'analyse. Aussi, les relances de la phase 1 avaient pour but (i) de centrer l'attention de l'AT sur un événement particulier, (ii) d'inciter l'AT à préciser son activité au niveau où elle était significative pour lui, et (iii) d'obtenir de l'AT des informations complémentaires (e.g., « *Qu'est-ce que tu as pensé quand tu as vu cette tuyauterie ?* », « *Qu'est-ce que tu t'es dit quand M t'a dit que ces vannes n'étaient plus consignées ?* », « *Quels étaient tes indices pour identifier la vanne ?* », « *qu'est-ce qui t'a amené à faire demi-tour et à retourner au local RE801 ?* »). Les relances visaient à aider l'acteur

à expliciter son activité passée, autrement dit à décrire, mimer et commenter à chaque instant son expérience tout en produisant des traces « virtuellement fabriquées » dans l'EV¹⁶⁶. Les relances de la phase 2 avaient pour but d'encourager le déploiement d'une activité réflexive (e.g., « *Si tu devais refaire cette intervention comment tu ferais ?* » « *Est-ce que le fait de retracer/refaire virtuellement l'intervention te fait percevoir de nouveaux éléments ?* »).

Le dispositif a été ajusté suite à la première séance de mise en œuvre du dispositif. En effet, il a été précisé aux participants des séances suivantes de restituer leur activité sans y apporter d'explications générales ou techniques. Pour éviter ces explications brouillant le récit de l'épisode marquant, la consigne suivante a été donnée : « *Parle-moi comme si j'étais un AT comme toi. Même si je ne comprends pas tout maintenant ce n'est pas grave, raconte-moi comme si j'étais ton collègue et si nécessaire je te demanderai plus d'explications pour le côté technique à la fin de la séance* ».

V 2.4 Traitement des données

Le traitement des données a été réalisé en 2 temps (i) la transcription verbatim des verbalisations au cours du dispositif et (ii) une analyse de la construction globale¹⁶⁷ des structures significatives du cours d'action des quatre participants en séquences, macro-séquences et séries, c'est-à-dire une analyse de l'enchaînement et enchâssement des unités significatives du point de vue de l'acteur, ayant un degré de généralité plus élevé que celui de l'analyse en signes hexadiques (analyse locale). La Figure 83 illustre l'analyse d'une série en macro-séquences et séquences tiré de cette étude.

¹⁶⁶ Le terme « virtuellement fabriquées » fait référence au fait que ces traces sont produites par l'utilisation de l'EV et ne sont pas des vraies traces de l'activité lors de l'intervention.

¹⁶⁷ La description de l'analyse globale est réalisée dans le chapitre 2, section 3.

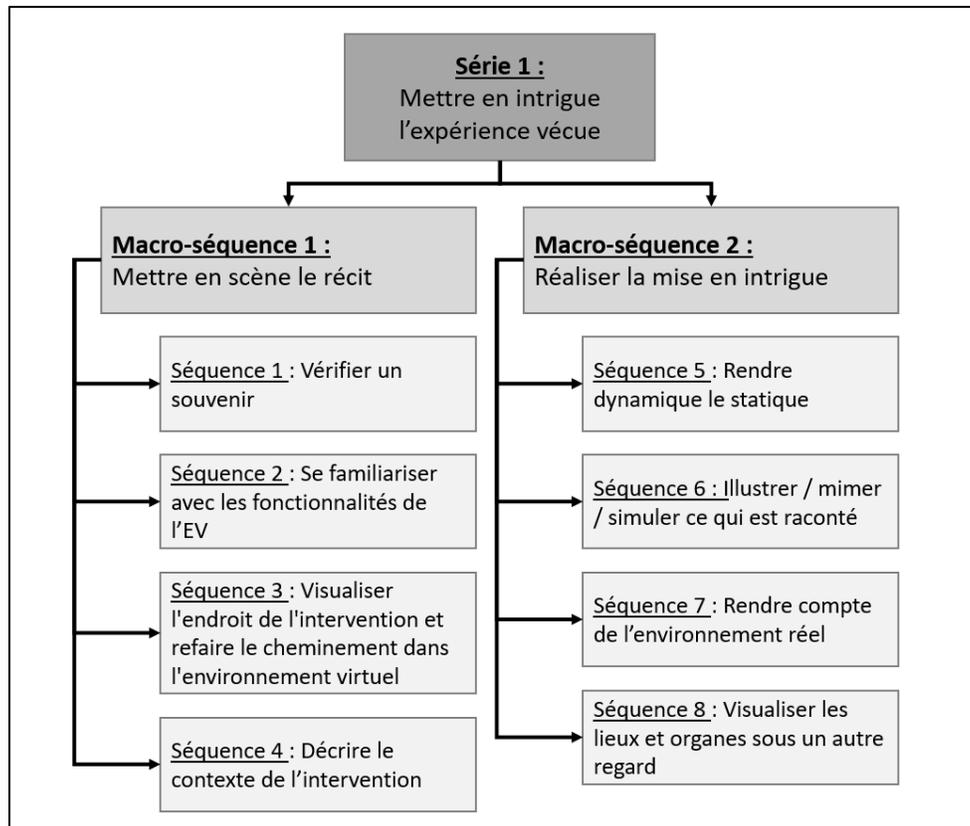


Figure 83. Macro-séquences et séquences de la série "Mettre en intrigue l'expérience vécue".

La première étape du traitement des données a consisté à produire une synthèse du corpus de données à partir de la transcription des communications et la description des comportements des acteurs lors du dispositif (Tableau 69). La deuxième étape du traitement des données a consisté en l'analyse globale du cours d'expérience des acteurs avec la construction de Récits Réduits présentant l'enchaînement des Unités Significatives Élémentaires du cours d'action (USE). Le Tableau 70 présente un extrait du Récit Réduit de P1 lors du dispositif NaRé. La construction du cours d'expérience dans le cadre de cette étude est réalisée avec un accès très limité, et moins contrôlé, à la conscience préreflexive, ce qui justifie ici une description basée essentiellement sur les comportements de l'acteur.

Tableau 69. Extrait du corpus de données pour P2 lors du dispositif NaRé.

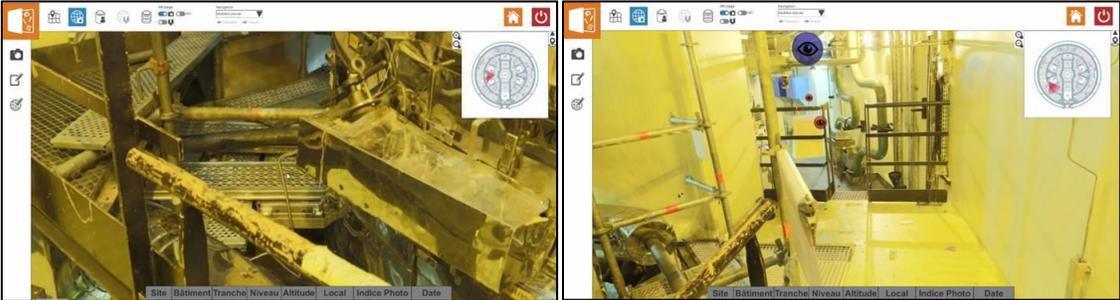
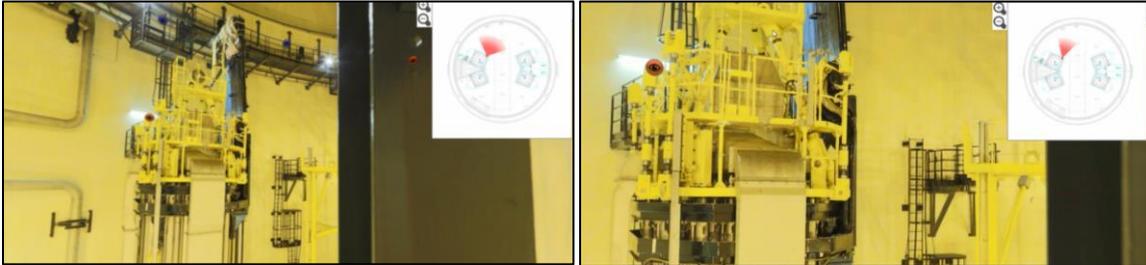
Corpus de données – Dispositif NaRé P2
<p>[...] C : Et quand tu es arrivé dessus qu'est-ce que tu as regardé pour essayer de comprendre ?</p> <p>P2 : En fait pour essayer de savoir ce que c'était j'ai regardé la taille du tuyau si c'était un tuyau tout petit comme celui-là (image de gauche) (<i>en montrant le tuyau de la première vanne</i>) ça veut dire que c'est un capteur, en gros c'est une prise de capteur et là (<i>pivote la photo vers la deuxième vanne</i>) c'était un capteur plus gros du coup je me suis dit c'est quoi ? c'est une vidange ? Alors qu'est-ce qu'il peut y avoir comme vidange ? Et du coup, on a procédé par élimination et puis moi j'ai regardé, cherché dans le coin (<i>pivote dans la photo autour de la vanne anonyme</i>) si je trouvais la pancarte du repère. Pendant que je cherchais V est parti (<i>se dirigeant vers l'entrée du local</i>), il est sorti là (image de gauche), il est allé dans le coin là et puis en fait c'est si tu veux c'est jusque-là en fait tu as une pancarte avec toutes les vannes que tu as dans le local, et tu vois IJK04VL elle est dedans.</p>


Tableau 70. Extrait du Récit Réduit du cours d'expérience de P1.

Récit Réduit - P1
<p>USE 106 : Commente le cheminement montré en cherchant à rendre compte de la distance parcourue depuis le local initial.</p> <p>USE 107 : Pivote dans la photo rapidement en disant "on cherche, on cherche, on cherche..."</p> <p>USE 108 : Explicite les doutes discutés avec l'autre agent concernant leur éloignement de la vanne Sereg en disant "on s'est dit ce n'est pas possible, ça ne peut pas être si loin ...".</p> <p>USE 109 : Montre avec un mouvement de la main l'endroit de la photo et disant que quand ils sont arrivés à cet endroit ils ne pensaient pas que la vanne d'air soit si loin de la vanne Sereg"... [on s'est dit que] ça ne peut pas être à l'autre bout du bâtiment réacteur, ce n'est pas possible"</p> <p>USE 110 : Sans parler pivote dans la photo pour montrer le local dans lequel ils se trouvaient quand ils ont pensé qu'il fallait faire demi-tour.</p> <p>USE 111 : Répond qu'il ne sait pas à quoi s'attendre concernant le visuel de la vanne tout en passant au plan 2D pour descendre au local du dessous (B0).</p> <p>USE 112 : Mime le mouvement de manipulation des types de vannes, pour expliciter les différents types de vannes auxquels il s'attend (« quart de tour » rouge, une vanne réglante ou une petite « quart de tour » verte)</p>

Conjointement aux Récits Réduits, des « Narrations » (Filippi et al., 2008) ont été élaborées¹⁶⁸ (Tableau 71). Ces Narrations visaient à mettre en exergue des éléments « externes » non documentés dans les Récits Réduits car non significatifs sur le moment pour l'acteur, mais pour autant indispensables à l'analyste dans son travail de compréhension de l'activité.

Tableau 71. Extrait de Narration – P3.

Narration - P3 lors du dispositif NaRé
<p>[...] Afin de vérifier si les doubles tireforts se trouvent uniquement du côté de la passerelle ou de l'autre côté aussi, P1 a changé de photo pour avoir un autre point de vue sur le couvercle de la cuve et pouvoir compter le nombre total des tireforts. Ne trouvant pas de photo où la piscine serait vide, il a pivoté dans la photo sphérique en cherchant le couvercle de la cuve sur le plancher 22 mètres. En mobilisant une connaissance, à savoir que quand la piscine est en eau le couvercle de la cuve est posé à l'extérieur sur le plancher, il a fait l'hypothèse qu'il pourrait retrouver le couvercle de la cuve posé sur le plancher et observer la configuration de la structure jaune à ce moment-là. Il a dû se téléporter en haut du bâtiment réacteur, car depuis l'endroit où il était, il n'arrivait pas à visualiser la partie supérieure du couvercle où se trouvait la structure jaune. Dès qu'il a trouvé un point de vue donnant sur le haut du couvercle de la cuve, il l'a regardée attentivement en se focalisant sur la façon dont les tireforts étaient pliés dessus (Figure 84).</p>

<p>Figure 84. Partie haute du couvercle de la cuve quand la cuve est ouverte et la piscine en eau. Les tireforts sont pliés verticalement.</p>
<p>Il a également examiné le diamètre du couvercle et les trous des goujons (Figure 85) et en a déduit que pour savoir si la structure jaune était fixe ou amovible il pouvait regarder le diamètre de la MSDG. La MSDG (Machine de Serrage et Desserrage des Goujons) comme son nom l'indique, est une machine qui est positionnée au-dessus du couvercle pour serrer ou desserrer les goujons qui verrouillent le couvercle au reste de la cuve pendant la production. Si la structure jaune était suffisamment étroite pour que la MSDG puisse se poser par-dessus et serrer ou desserrer les goujons, cela signifierait, d'après P1 que la structure jaune est fixe. Après avoir comparé le diamètre des deux organes, il en a déduit que la structure jaune ne gêne pas la MSDG et qu'elle est fixe sur le couvercle de la cuve.</p>

¹⁶⁸La méthode de construction de Narrations est présentée à la section 3 du chapitre 2.

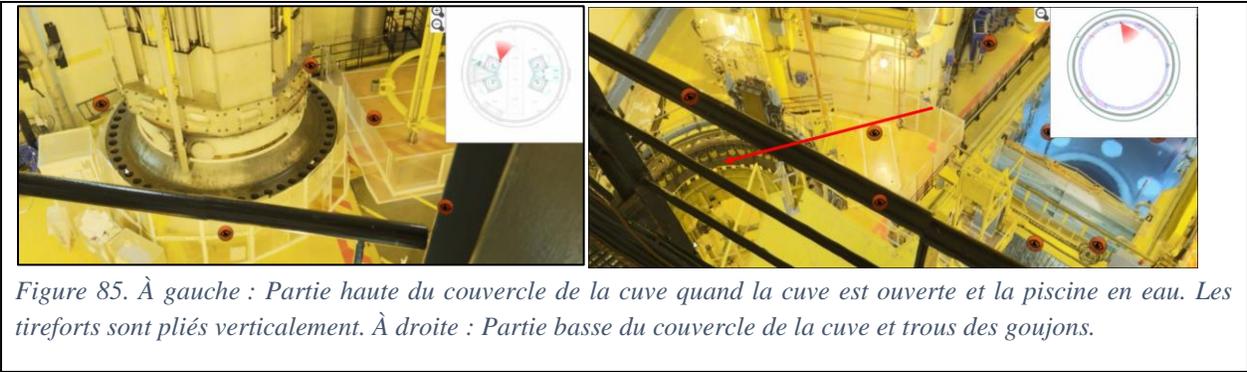


Figure 85. À gauche : Partie haute du couvercle de la cuve quand la cuve est ouverte et la piscine en eau. Les tireforts sont pliés verticalement. À droite : Partie basse du couvercle de la cuve et trous des goujons.

V 3. COURS D'EXPERIENCE DES ACTEURS LORS DU DISPOSITIF NAVIGATION-RECIT

Cette section se compose de trois parties qui présentent : (i) un résumé des épisodes marquants illustrés de storyboard (ii) une description du cours d'action des acteurs pendant leur participation au dispositif NaRé, et (iii) la dynamique d'apprentissage/développement des acteurs pendant le dispositif¹⁶⁹.

V 3.1 Résumés et *storyboards* des épisodes marquants

Les *storyboards* qui accompagnent chaque résumé d'intervention illustrent ces interventions et ont été validés préalablement par les acteurs. L'objectif de ces présentations graphiques n'est pas analytique (elles ne sont pas utilisées pour analyser l'activité des AT pendant l'intervention), mais permettent de rendre compte de l'intervention dont ont fait part les AT pendant le dispositif NaRé et d'en faciliter la compréhension.

¹⁶⁹ Les résultats présentés dans ce chapitre sont illustrés par un exemple et/ou justifiés par un extrait d'analyse chaque fois que nécessaire. Cela peut prendre la forme (i) d'une courte narration (augmenté ou non de références aux composantes du signe hexadique), (ii) d'extraits de verbalisations *in situ*, et (iii) d'extraits de Récits Réduits, signes hexadiques ou séquences. Ces illustrations et justifications sont donc relativement hétérogènes, mais ainsi chaque résultat est soutenu par l'élément le plus pertinent et le plus aidant à sa compréhension.

V 3.1.1 À la recherche de la vanne cachée - P1

Contexte : L'intervention de P1 lors de son entrée dans le bâtiment réacteur (en arrêt de tranche) consiste à déconsigner deux vannes : l'une de type Sereg et l'autre sa vanne d'air associée¹⁷⁰. Déconsigner ces vannes implique de retirer les pancartes de consignations posées dessus, puis de mettre ces vannes dans la configuration attendue (ouverte ou fermée). Cette intervention se réalise lors du « reclassement » du bâtiment réacteur, juste avant le redémarrage de la production.

Intervention : Lorsque P1 et son collègue B, du Service Prévention des Risques, sont devant la vanne Sereg, ils constatent que la pancarte de consignation est déjà retirée (ou absente) et que la vanne est déjà dans la bonne position pour le redémarrage de la centrale. Étonnés, ils cherchent la vanne d'air associée. Le cheminement est difficile et les oblige à passer par des endroits où ils pourraient être exposés, à s'accroupir sous les tuyauteries du générateur de vapeur... À un moment donné, ils se retrouvent bloqués devant de grandes tuyauteries qu'ils contournent en passant par des locaux du niveau inférieur. Une fois arrivés dans le local où devrait être située la vanne d'air, les difficultés continuent puisqu'ils n'arrivent pas à la trouver. Ils se mettent donc à chercher cette vanne d'air dans les locaux adjacents, sans succès. Finalement, lorsqu'ils reviennent dans le premier local (où ils avaient déjà cherché), ils tombent « par hasard » sur la vanne d'air à un endroit où ils avaient déjà regardé, mais sans la remarquer. Celle-ci était derrière une autre vanne et un débitmètre¹⁷¹.

¹⁷⁰ Une vanne d'air est associée à une vanne de type Sereg qui se trouve en amont pour que son alimentation en air puisse être réglée à tout moment.

¹⁷¹ Dans le storyboard la vanne « cachée » n'est pas derrière un débitmètre, mais derrière un plaquage. Les photos utilisées pour le bâtiment réacteur virtuel et par conséquent photos utilisées pour le storyboard sont celles de la tranche 1 de la centrale. P1 est intervenu à la tranche 3 qui est légèrement différente au sein de ce local. Cette prise en compte des écarts entre le bâtiment réacteur réel et le bâtiment réacteur virtuel est discutée dans la section 3.

À LA RECHERCHE DE LA VANNE CACHÉE

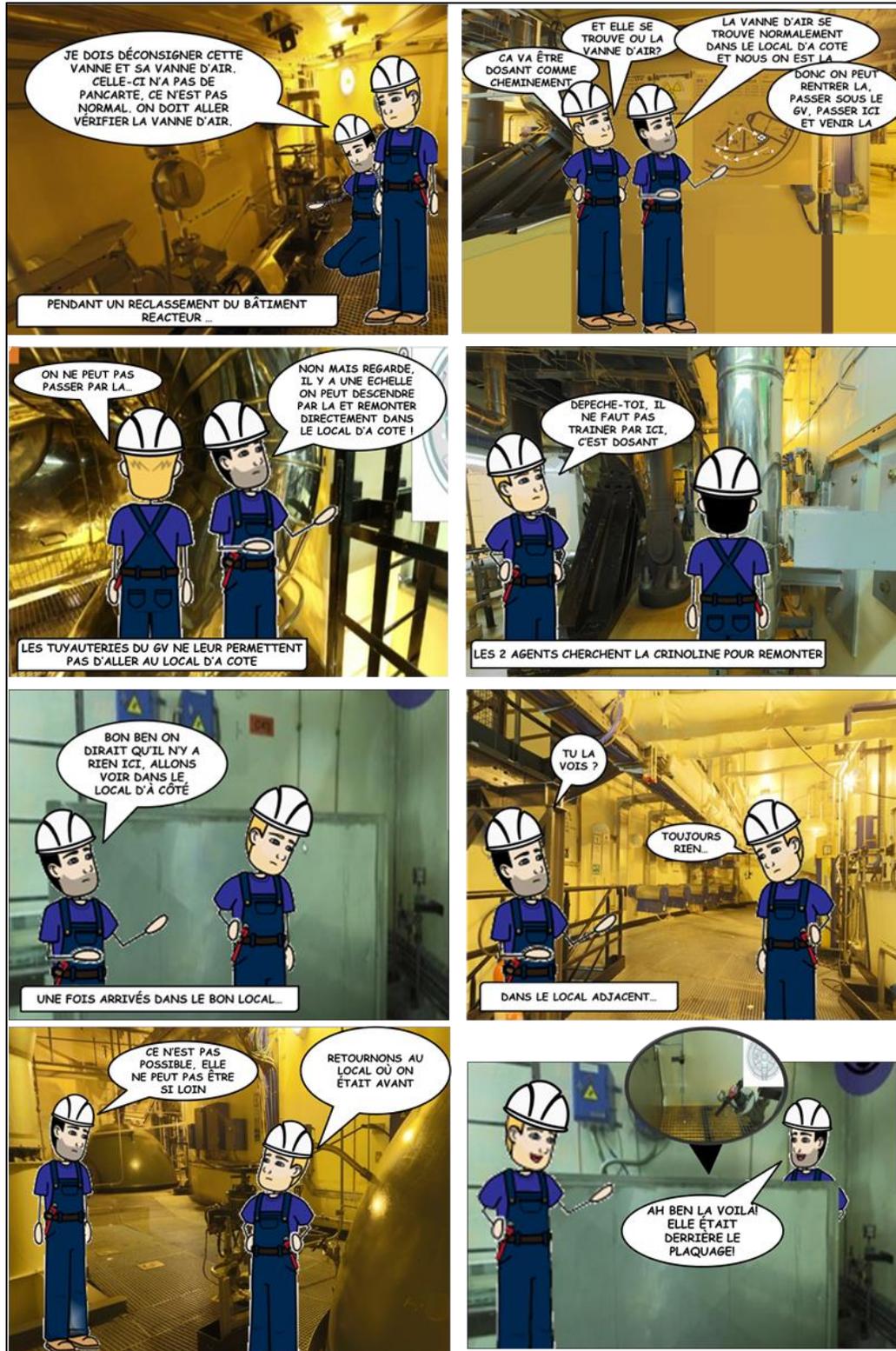


Figure 86. Illustration de l'intervention de PI de l'épisode marquant « À la recherche de la vanne cachée ».

V 3.1.2 Identifier la vanne anonyme – P2

Contexte : Lors d'une activité de déconsignation en fin d'arrêt de tranche, pendant un quart de nuit P2 est accompagné d'un autre collègue AT afin d'entrer dans le bâtiment réacteur et retirer un nombre important de pancartes de consignation. Réparties sur plusieurs étages du bâtiment réacteur, ces pancartes sont positionnées sur une centaine de vannes en lien fonctionnel avec le générateur de vapeur. Ils doivent également remettre ces vannes dans la position attendue (ouverte ou fermée selon les consignes de l'état de tranche) pour le redémarrage de la production.

Intervention : Après avoir déjà déconsigné de nombreuses vannes, les deux AT constatent qu'une des vannes raccordées au générateur de vapeur n°4 n'a pas d'étiquette. Ils ne peuvent par conséquent ni utiliser le repère fonctionnel - normalement indiqué sur l'étiquette - pour identifier cette vanne, ni mettre la vanne dans la position attendue. Débute alors un travail d'enquête visant à identifier la vanne en question. Disposant de la liste de vannes qu'ils doivent déconsigner, P2 et son collègue formulent l'hypothèse provisoire qu'il s'agit de la vanne IJK004VL et cherchent à valider cette hypothèse. Pour cela, ils entreprennent plusieurs actions en regardant tout d'abord dans le local autour de la vanne pour voir si l'étiquette n'est pas tombée par terre. Ils se rendent ensuite dans les locaux adjacents, puis ceux se trouvant au niveau supérieur et inférieur pour vérifier si la vanne IJK004VL s'y trouve. Ils poursuivent leur enquête en allant se renseigner sur le tableau se trouvant à l'entrée du local et listant toutes les vannes s'y trouvant. Ils constatent que la vanne IJK004VL apparaît sur la liste, alors même qu'ils n'arrivent pas à la trouver dans le local. Ils se renseignent également sur la taille de la tuyauterie de cette vanne et, à partir des informations qu'ils ont de la fiche de manœuvre, en déduisent que la tuyauterie de la vanne recherchée correspond à une vidange. Ceci concorde avec leur hypothèse, car le rôle du circuit IJK est de vidanger le générateur de vapeur. Mais, malgré ces éléments nouveaux relatifs aux caractéristiques de la vanne anonyme, ils n'ont toujours pas de certitude concernant son identité. Enfin, ils imaginent un moyen supplémentaire pour vérifier s'il s'agit bien de la vanne IJK004VL. Dans le bâtiment réacteur, il y a quatre générateurs de vapeur, tous identiques. Ils pensent qu'en se rendant sur un autre générateur de vapeur et en regardant l'étiquette de la vanne « jumelle » se trouvant au même endroit, ils pourront alors savoir avec certitude de quelle vanne il s'agit. Ils se rendent au générateur de vapeur n° 1 et constatent que l'étiquette de la vanne jumelle se trouvant là-bas porte le repère fonctionnel IJK001VL. Cela confirme leur hypothèse et ils décident de réaliser la manœuvre en ouvrant la vanne.

IDENTIFIER LA VANNE ANONYME

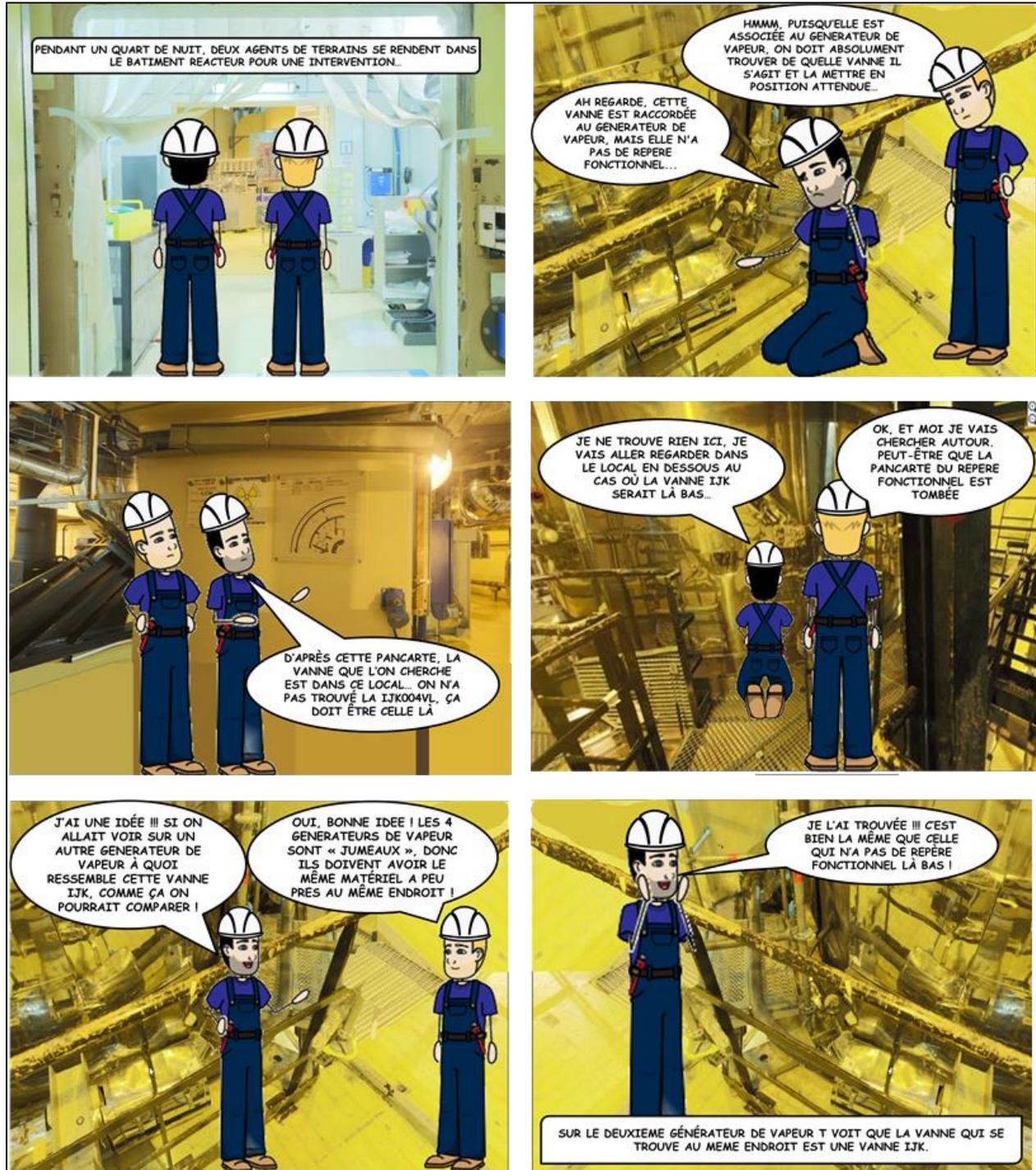


Figure 87. Illustration de l'intervention de P2 de l'épisode marquant « Identifier la vanne anonyme ».

V 3.1.3 Voir les tireforts de la cuve - P3

Contexte : Cet épisode marquant porte sur des entrées réalisées par P3 pendant l'arrêt de tranche. Pendant la première entrée, P3 était accompagné par M, tandis qu'à la deuxième il y retourne seul.

Intervention : Lors de la première entrée dans le bâtiment réacteur, P3 a été conduit près de la piscine par M, un collègue plus expérimenté qui souhaitait partager avec lui des interventions qu'il avait vécues. M a tout d'abord montré à P3 les « vannes rampes bâtiment réacteur » qui ne sont plus utilisées en exploitation, mais qui continuent paradoxalement d'être consignées et déconsignées à chaque arrêt de tranche. Pendant qu'ils étaient au bord de la piscine, M lui a également signalé des supports de crochets en précisant qu'il avait entendu dire par des collègues qu'il s'agissait de crochets appelés tireforts pour le maintien du couvercle de la cuve, mais que lui-même n'avait jamais vu ces crochets en position. La piscine étant « en eau » le jour de leur intervention, le couvercle de la cuve était posé à l'extérieur et n'était pas raccordé aux tireforts.

Quelques semaines plus tard, P3 retourne dans le bâtiment réacteur. Lors de cette seconde entrée, la piscine était vide, car la production allait commencer quelques heures plus tard. Les tireforts en question étaient visibles et accrochés au couvercle de cuve. Ce moment a particulièrement marqué P3 lequel ayant pris conscience que ces tireforts sont rarement visibles « en position » pendant les arrêts de tranche.

VOIR LES TIREFORTS DE LA CUVE

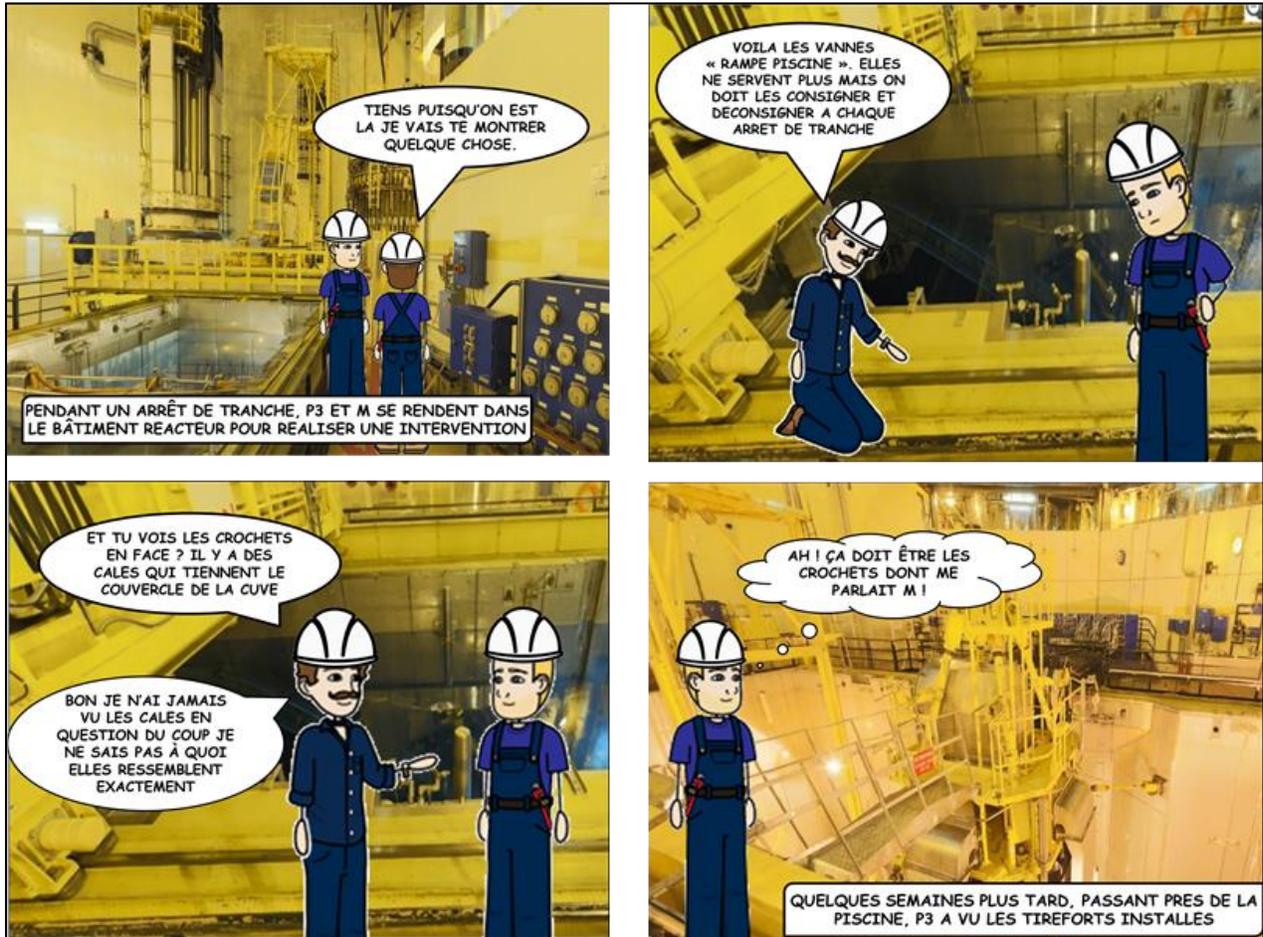


Figure 88. Illustration de l'intervention de P3 de l'épisode marquant « Voir les tireforts de la cuve ».

V 3.1.4 Retrouver la vanne qui était au plafond - P4

Contexte : L'intervention de P4 se passe en arrêt de tranche pendant un quart de nuit. Sa mission consiste à entrer dans le bâtiment réacteur et à consigner deux vannes d'événements ainsi que deux vannes de vidanges, réparties sur deux tuyauteries (PQR et UVW¹⁷²).

Intervention : En parcourant la gamme de consignation, il remarque que trois vannes se trouvent dans le même local tandis que la quatrième se trouve ailleurs. Il s'est d'abord demandé s'il y avait une erreur dans la gamme de consignation puis s'est rendu dans le local où se trouvent les trois premières vannes qu'il trouve très facilement, toutes à proximité du générateur de vapeur dans la casemate (Figure 89). En revanche, il ne trouve pas dans ce local la vidange de la tuyauterie UVW, la dernière des quatre vannes qu'il doit consigner. Après avoir bien inspecté les lieux, il sort de la casemate du générateur de vapeur et se rend dans le local indiqué dans la gamme de consignation. Il s'attend alors à ce que la vanne soit apparente (comme les précédentes) et située près du mur de la casemate du générateur de vapeur. Mais il ne trouve rien et se met à explorer le reste du local. Il se rend même dans les deux locaux adjacents en se disant que la vanne se trouverait peut-être là-bas, mais sans succès. Il décide de revenir au « cœur du problème » dans la casemate du générateur de vapeur et de suivre la tuyauterie UVW jusqu'à retrouver la vidange qu'il cherche. Il commence donc à « suivre » la tuyauterie dans le local de la casemate, puis sort de nouveau et retourne dans le local initialement indiqué par la gamme de consignation. Cette fois-ci, au lieu de chercher la vanne, il se concentre sur la recherche de tuyauterie. Il s'attend à la trouver au niveau du sol puisqu'il s'agit d'une vidange. Finalement, il trouve la tuyauterie au plafond puis en la parcourant du regard repère une vanne de vidange. Il n'arrive cependant pas à lire l'étiquette du repère fonctionnel, la vanne se trouvant à une hauteur de 3 mètres au-dessus d'un escalier. Il se met alors à chercher une échelle et une personne pouvant la tenir le temps qu'il monte. Une fois cela trouvé, il put vérifier qu'il s'agissait bien de la vidange recherchée et réaliser la manœuvre de consignation.

¹⁷² PQR et UVW sont deux circuits qui servent à amener de l'eau de refroidissement dans les générateurs de vapeur. UVW est utilisé en fonctionnement normal, PQR en fonctionnement accidentel.

RETROUVER LA VANNE QUI ETAIT AU PLAFOND

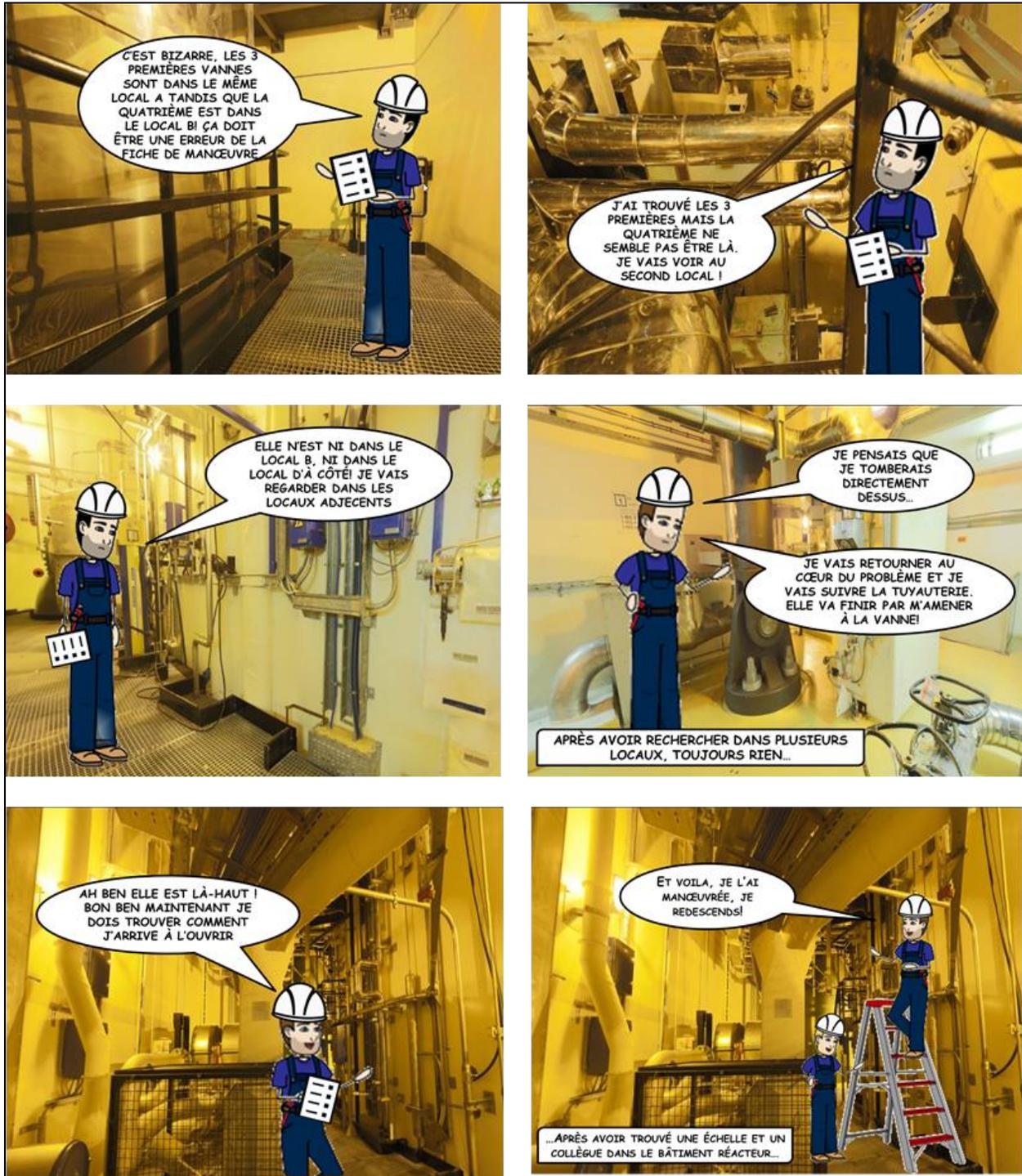


Figure 89. Illustration de l'intervention de P4 de l'épisode marquant « Retrouver la vanne qui était au plafond ».

V 3.2 Organisation sérielle du cours d'expérience lors du dispositif NaRé

Pour rendre compte de l'organisation et de la dynamique globale du cours d'expérience des acteurs lors du dispositif NaRé, nous avons réalisé une analyse de la construction globale du cours d'expérience des acteurs en structures significatives de rang supérieur (séquences, macro-séquences et séries) à partir des Récits Réduits. Cette analyse a permis de distinguer quatre séries : « Mettre en intrigue l'expérience vécue » (S1), « Expliciter son expérience vécue » (S2), « Déployer une activité réflexive » (S3), « Expliquer une information technique ou contextuelle » (S4).

V 3.2.1 Mettre en intrigue l'expérience vécue

La première série décrit le cours d'expérience des acteurs lorsqu'ils « racontent¹⁷³ », au sens de Ricœur (1984) et dans sa double composante raconter/ « réfléchir sur », l'épisode marquant tout en essayant d'illustrer, mimer, montrer, simuler ce vécu, à l'aide de l'EV. Nous distinguons en cela le raconter/ « réfléchir sur » de la série « mettre en intrigue l'expérience vécue » de l'activité réflexive des acteurs sur l'épisode passé de la série « déployer une activité réflexive », qui prend place notamment (mais pas uniquement) lors de la deuxième partie du dispositif. Par définition, l'acteur ne peut pas faire des choix, agencer son « récit illustré », sans porter une réflexion sur son activité passée. C'est l'Engagement de l'acteur qui permet la distinction des deux moments de déploiement d'une activité réflexive. Pendant la mise en intrigue (S1), l'acteur cherche à rendre compte de ce qu'il a vécu en respectant autant que possible la consigne de faire le récit de l'épisode marquant comme s'il le revivait et comme s'il ne connaissait pas la fin de l'histoire. L'acteur déploie alors une réflexion sur son activité présente et passée, mais qu'il n'exprime pas pour autant. Ces réflexions vont cependant alimenter la deuxième étape du dispositif.

Les résultats pointent tout d'abord une articulation fine entre la façon de naviguer dans l'EV et la construction du récit. Les acteurs se trouvent dans une dynamique d'imagination et de construction en temps réel de leur récit et de la façon dont ils naviguent dans l'EV. Cette multiple intentionnalité

¹⁷³ Dans ce chapitre le verbe « raconter » doit être compris dans sa définition ricœurienne et pas tel qu'utilisé usuellement dans le cadre du programme de recherche cours d'action. Pour Ricœur (1984), « L'acte configurant qui préside à la mise en intrigue est un acte judiciaire, consistant à prendre ensemble ; plus précisément, c'est un acte de la famille du jugement réfléchissant. Il nous est ainsi arrivé de dire que raconter, c'est déjà « réfléchir sur » les événements racontés. » (p. 115)

fait émerger chez les participants une nouvelle expérience de « mise en intrigue¹⁷⁴ dynamique ». Nous qualifions cette mise en intrigue de « dynamique », car, contrairement à la mise en intrigue de Ricœur (1983, 1984, 1985), lors du dispositif NaRé les acteurs produisent l'intrigue et racontent simultanément l'épisode marquant en s'appuyant sur i) les souvenirs qu'ils ont de la situation, ii) le *reenactment* rendu possible par l'explicitation simultanée de leur expérience vécue et par la visualisation des photos sphériques, iii) les éléments qu'ils considèrent pertinent de partager avec leur interlocutrice, et iv) les questions et relances de celle-ci.

Plus spécifiquement, lors de cette série, les AT ont raconté l'épisode vécu en mettant dynamiquement en intrigue leur expérience vécue, et en cherchant à rendre compte (montrer, mimer, simuler) leur activité en mobilisant l'EV. Lors de la mise en intrigue, les AT ont orchestré un ensemble d'éléments hétérogènes permettant de construire leur récit. Ils ont construit leur récit en même temps qu'ils ont découvert les photos de l'EV et ont réfléchi au meilleur choix de photo pour la navigation ou à la façon de pivoter dans les photos. Ainsi, ils sont devenus les auteurs et les metteurs en scène de leur expérience vécue qu'ils ont adressée à un interlocuteur. Grâce à l'environnement ainsi visualisé, les acteurs ont construit de nouvelles connaissances en redécouvrant le lieu de l'intervention sous un autre regard. Ce nouveau regard couplé à la production de leur récit leur a permis de remettre en question les connaissances acquises en renforçant, invalidant ou mettant en relations des types déjà construits.

C'est le cours d'expérience des acteurs lors de cette série qui nous intéresse plus particulièrement et que nous avons analysée de manière plus approfondie dans cette étude. Ainsi, une description approfondie en est réalisée à la section 3.3.

V 3.2.2 Expliciter son expérience vécue (expression de conscience préreflexive)

L'analyse de la construction globale en structures significatives fait également apparaître une série que nous avons nommée « Expliciter son expérience vécue ». Le verbe « expliciter » est utilisé pour les moments durant lesquels l'acteur est engagé dans la description de son activité passée ou présente en exprimant exclusivement sa conscience préreflexive. Cette expérience préreflexive peut être celle de l'activité lors de l'intervention ou celle vécue lors du dispositif NaRé.

¹⁷⁴ Notion proposée par Ricœur dans les trois tomes « Le temps et le récit » (1983-1985).

Les AT ont, à plusieurs reprises, explicité leur activité d'intervention. Cette explicitation, ou autrement dit ce commentaire, de leur activité passée s'est déroulée lorsque les acteurs explicitaient ou mimaient leurs pensées, actions, intentions, perceptions, émotions, doutes, connaissances mobilisées, etc., sans pour autant être dans la construction de la mise en intrigue dynamique, c'est-à-dire sans être dans une forme de narration. La principale différence entre les moments où l'acteur explicite son expérience (ou sa conscience préreflexive) et les moments où il raconte/narre l'épisode marquant porte sur la « réflexion sur », constitutive de l'activité narrative, une réflexion sur les événements vécus et sur leur agencement en intrigue *hic et nunc* pendant le dispositif.

Comme précisé par Theureau (2019) en ce qui concerne les autoconfrontations, même s'il s'agit d'une nouvelle expérience en soi, « l'expression qui en résulte de la conscience préreflexive n'introduit alors rien de neuf, ou introduit bien peu de neuf en termes de construction de savoir » (p.300). De la même façon, lorsque les AT expriment dans NaRé leur conscience préreflexive sans porter un regard réflexif sur les événements vécus, cette explicitation n'engendre pas (ou peu) de nouveautés (e.g., construction de nouveaux types sur l'activité passée).

Une description complémentaire relative à l'expression de l'expérience préreflexive de l'activité d'intervention est proposée dans la section 4, illustrée par des extraits de l'activité des acteurs et accompagnée de la proposition technologique d'une méthode de remise en situation dynamique.

V 3.2.3 Déployer une activité réflexive

La série « Déployer une activité réflexive » rend compte de moments au cours desquels les AT s'engagent dans une activité réflexive sur les épisodes vécus. Cette activité réflexive est différente du raconter/ « réfléchir sur » de la série « Mettre en intrigue l'expérience vécue ». En effet, quand un acteur s'engage dans une activité réflexive, il ne cherche pas à sélectionner et agencer les faits vécus, mais (i) questionne ses pratiques professionnelles, (ii) prend conscience des alternatives d'action pour l'intervention en question, ou encore (iii) réfléchit aux potentiels changements de méthode de recherche et de travail pour les interventions futures.

À titre d'exemple, après avoir présenté sa stratégie de recherche de la vanne, P2 a précisé qu'ils n'avaient pas de schémas sur eux et que désormais il préférerait réaliser ses interventions en prenant un schéma avec lui.

« *Quand on a réalisé l'intervention on n'avait pas de schéma sur nous. Je pense qu'on aurait dû prendre un schéma, en tout cas depuis quand je ne connais pas bien le circuit ou quand je*

n'interviens pas avec un ancien [agent de terrain expérimenté], je prends un schéma quitte à le jeter à la sortie si je n'en ai pas besoin » (Verbatim, P2).

Un autre extrait qui illustre cette activité réflexive est donné par P1. Ce dernier a réalisé son intervention juste avant le redémarrage du bâtiment réacteur. À ce moment-là, le bâtiment réacteur est vidé et ne contient plus de points ALARA, la signalisation pour les zones rouges, etc. P1 a précisé lors du dispositif que lors de prochaines interventions dans le bâtiment réacteur lors de moments si particuliers du cycle de production, il essaierait d'être encore mieux briefé et accompagné par le reste de son équipe et des AT plus expérimentés.

« P1 : Je me dis qu'il faut être plus attentif dans des situations exceptionnelles. Là, c'était une situation inhabituelle avec le reclassement du BR [bâtiment réacteur] en cours, donc je n'étais pas dans un état de pensée habituel.

C. : Dans un état de pensée habituel ?

P1 : Dans un cheminement de pensée normal, j'aurais très certainement pris la veille des schémas pour me diriger, j'aurais préparé en avance. Je savais que j'allais là, j'aurais regardé vraiment si les positions étaient concordantes sur la localisation de la vanne elle-même et de sa vanne d'air. J'aurais dû demander à mon ancien s'il savait où est-ce qu'elle était à peu près et des choses comme ça que je fais habituellement pour des interventions. Si on n'avait pas été en reclassement, je pense que j'aurais appelé aussi plus vite les collègues, parce que là, du coup, vu l'état du bâtiment réacteur on perd pas mal de ses repères. [...] Donc au lieu d'y aller en étant moins préparé, car c'est en état très différent, je pense qu'il faut être d'autant plus briefé et préparé » (Verbatim, P1).

Un dernier exemple pour illustrer l'activité réflexive sur l'intervention en question, mais aussi sur les futures interventions est celui de P4. L'acteur a mentionné ses stratégies de recherche déployées lors de l'intervention, en jugeant finalement qu'il y en a qui peuvent mieux fonctionner que d'autres. Lors du dispositif il a mentionné que pour lui la meilleure stratégie pour retrouver un organe lorsqu'il n'est pas dans le local indiqué, est de le rechercher à partir des tuyauteries du système élémentaire. La construction de ce type est bénéfique pour des interventions futures au cours desquelles il sera confronté à des difficultés similaires.

« J'aurais dû commencer par-là, je me suis demandé pourquoi je n'ai pas commencé par-là, parce que quand j'ai commencé à réfléchir comme ça, je l'ai trouvée quasiment tout de suite. Tu vois, ça

m'a servi un peu de leçon pour que la prochaine fois, au lieu de chercher bêtement par local, je vais chercher vraiment plus spécifiquement comme j'ai fait à la fin ! du coup tu te forges une méthode, toi-même, pour retrouver des trucs. Comme là, au final j'ai fait plusieurs méthodes différentes, je me suis dit tiens, je vais chercher dans le local, je vais chercher à côté des autres vannes parce que c'est logique ça doit être là, et après hop, je vais tourner, je vais regarder, je vais essayer de trouver... Et au final je me dis tiens, je vais suivre la tuyauterie, et c'est comme ça que ça a marché. » (Verbatim, P3).

L'accès et la documentation de cette activité réflexive ouvrent des pistes en matière de conception de situations de formations et de contribution à la construction d'une culture d'AT partagée entre pairs¹⁷⁵.

V 3.2.4 Expliquer une information technique ou contextuelle

Enfin, la quatrième série « Expliquer une information technique ou contextuelle » reflète le cours d'expérience des AT quand ils ont cherché à apporter des explications adressées à leur interlocutrice pendant le dispositif. Ces explications portent sur des éléments qui n'étaient pas significatifs pour les acteurs lors de l'intervention (qui n'ont pas donné lieu à conscience préreflexive), ni n'ont été considérés comme pertinents par les acteurs pour la mise en intrigue dynamique (ils ne participent pas à l'activité narrative de l'acteur). Il s'agit d'explications qui portent sur des éléments contextuels ou techniques et qui visent prioritairement une meilleure compréhension du récit par leur interlocutrice. À travers ces explications, les acteurs ont cherché à contextualiser le récit ou à donner des informations techniques afin de permettre à leur interlocutrice de mieux comprendre le récit¹⁷⁶.

Lors de son récit, suite à une question de son interlocutrice, P2 a par exemple dû lui expliquer ce qu'est une zone FME¹⁷⁷ et pourquoi cette zone FME (qui n'est pas visible sur l'EV) l'avait obligé de réaliser un cheminement spécifique dans le bâtiment réacteur.

¹⁷⁵ Ce point est développé dans la section 1 du chapitre 6

¹⁷⁶ Comme précisé en section 2, un ajustement de la consigne a été effectué à la suite de la première mise en œuvre du dispositif pour limiter les explications générales ou techniques. Cependant, même si cette consigne a permis la diminution de ce genre de cours d'expérience. Cependant cette série a été documentée, dans une moindre mesure, pour les quatre AT.

¹⁷⁷ Zone FME : *Foreign Material Exclusion* : zone dans laquelle l'utilisation de petit matériel est restreinte pour éviter le risque de perte (chute) et d'encombrement des circuits hydrauliques au cas où des objets tomberaient dedans.

P2 : « [...] On a fait le tour parce que c'était l'autre générateur de vapeur et on ne peut pas faire le tour par ce sens-là. »

C : Vous ne pouvez pas faire le tour par ce sens-là... ?

P2 : Ouais, parce qu'en fait, tu vois ici, alors là il n'y a pas, mais maintenant ils ont mis une zone FME. Donc là normalement on peut passer de ce côté-là de la piscine et là c'est en zone FME, je ne sais pas si tu as déjà vu, en fait c'est parce que là il y a la piscine derrière, quand elle est remplie on pourrait faire des trucs dedans et qu'ils y aillent même à la cuve et tout donc en fait il prennent une zones de sécurité, ils mettent des grandes, une balise rose fuchsia, un peu comme ça (en montrant le gobelet) et puis du coup tu n'as pas le droit d'aller à la zone là sans en gros avoir tout ce qui est sur toi attaché pour que ça ne tombe pas. On répertorie tout ce qui est sur toi quand tu rentres et quand tu sors pour être sûrs qu'il n'y a rien qui est tombé dedans, en plus c'est sécurisé à fond et tout. Donc là en fait, normalement on peut passer de ce côté-là de la piscine, mais bon là c'est en zone FME donc on ne peut pas passer. En zone FME il y a une entrée et une sortie, donc il faut qu'on fasse le tour » (Verbatim P2 et C).

V 3.3 Mettre en intrigue l'expérience vécue

Dans cette sous-section nous approfondissons la description de la série « Mettre en intrigue l'expérience vécue », car il s'agit d'une activité peu documentée par la littérature et dont la nature présente du potentiel pour comprendre la dynamique d'apprentissage/développement des acteurs. Ainsi, dans cette sous-partie nous abordons les deux macro-séquences qui composent cette série « Mettre en scène le récit » et « Réaliser la mise en intrigue » et décrivons également les séquences « Illustrer/mimer/simuler ce qui est raconté », « Rendre dynamique le statique » et « Vérifier un souvenir », toutes les trois ayant participé à l'alimentation d'une piste technologique pour l'Observatoire, présentée dans la section 5 avec les contributions technologiques de cette étude.

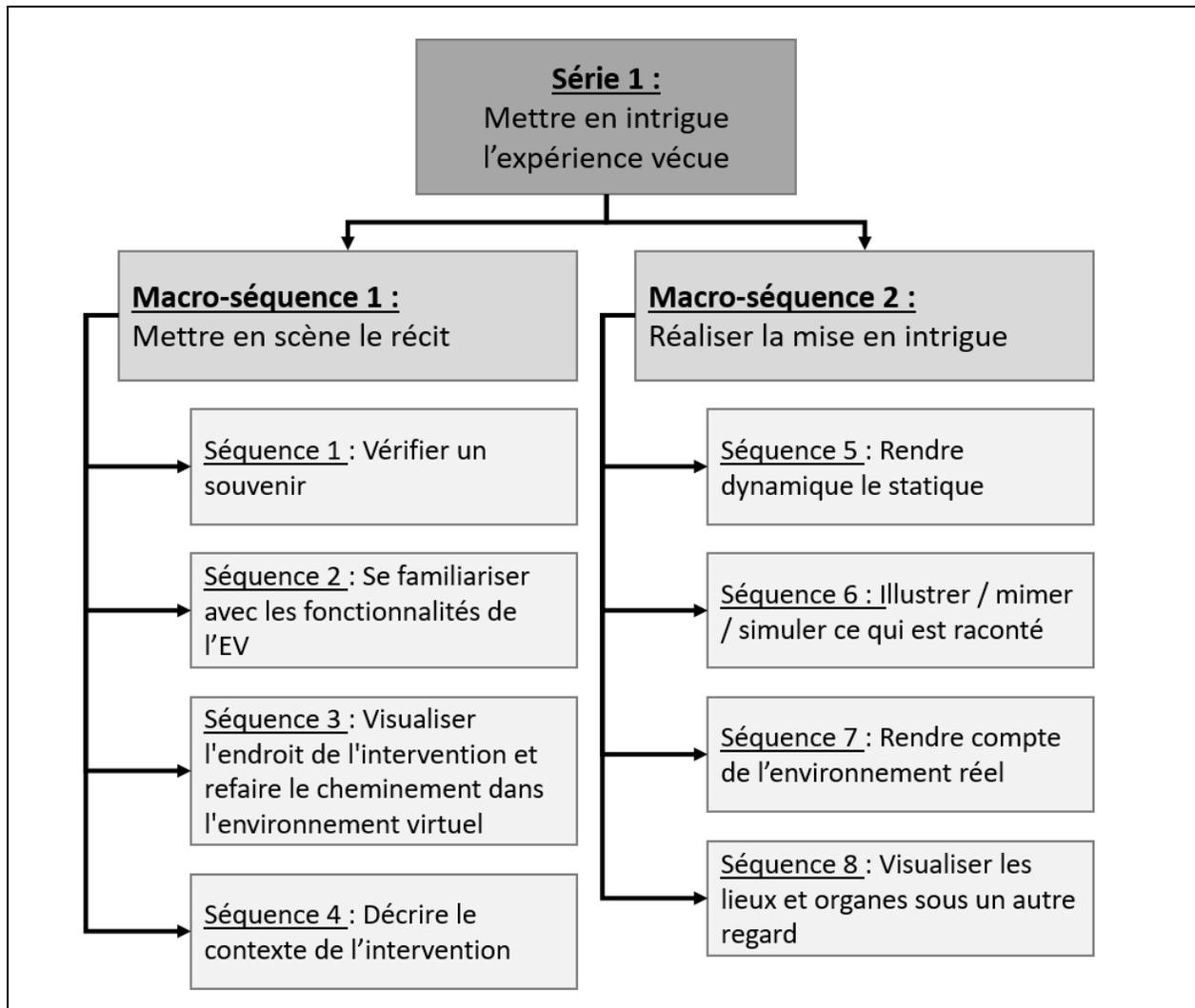


Figure 90. Macro-séquences et séquences de la série "Mettre en intrigue l'expérience vécue".

V 3.3.1 Mettre en scène le récit

La macro-séquence « Mettre en scène le récit » est composée de quatre séquences et a été documentée dans le cours d'expérience de tous les participants. Elle caractérise le cours d'expérience des acteurs lors de la navigation dans l'EV pour contextualiser le récit et choisir un point de départ pour leur récit. Les acteurs ont également cherché à établir un « contrat fictionnel » du récit (nous y reviendrons), vérifier des souvenirs qu'ils avaient de l'intervention en utilisant l'EV et se familiariser avec les fonctionnalités de l'EV.

Tous les participants ont commencé leur récit en décrivant le contexte de l'épisode marquant. Ainsi, ils ont cherché à partager des informations concernant la temporalité de réalisation de l'intervention en précisant s'il s'agissait d'un quart du matin, de l'après-midi ou de nuit, ainsi que l'état du

bâtiment réacteur compte tenu de l'avancement de l'arrêt de tranche (début ou fin de l'arrêt de tranche, bâtiment réacteur éclusé ou déséclusé, ...). Ils ont également mentionné s'ils étaient seuls ou accompagnés par des collègues. Ensuite, les participants ont présenté l'objet de leur intervention. P2 devait déconsigner tous les organes raccordés au générateur de vapeur, c'est-à-dire retirer les pancartes de consignation positionnées sur ces organes, P1 devait lui déconsigner une vanne Sereg et sa vanne d'air, P4 devait mettre en position attendue et consigner deux événements et deux purges tandis que P3 devait réaliser une manœuvre d'exploitation sur deux vannes pneumatiques se trouvant près de la piscine du bâtiment réacteur.

Les acteurs ont également cherché à proposer un « contrat fictionnel ¹⁷⁸» en début du récit, c'est-à-dire un ensemble de propositions et conventions pour faire « comme si » la vision permise par l'EV était la même que celle du bâtiment réel. Aussi, lors de cette séquence, les acteurs ont balisé l'espace-temps dans lequel s'était déroulé l'événement raconté et pour lequel l'adhésion, même tacite, de l'interlocutrice est indispensable pour débiter la narration. À titre d'exemple, P4 qui ne se souvenait plus sur quel des quatre générateurs de vapeur il s'était rendu a proposé la convention suivante :

« Bon, je ne me souviens pas du générateur de vapeur, ni du local... On peut dire que c'était celui-là, RB1003 du coup, c'est le générateur de vapeur 1, donc j'arrive ici... » (Verbatim, P4).

Un autre exemple de proposition est celle de P1, qui, pour ne pas réaliser l'ensemble du cheminement qu'il avait réalisé dans bâtiment réacteur réel, a proposé :

« On a fait plusieurs allers-retours en haut, en bas, on n'a pas arrêté de naviguer et puis on est revenus par là à un moment. Donc on va dire qu'on est revenu de l'escalier ici, d'accord ? » (Verbatim, P1).

¹⁷⁸ Par le « contrat fictionnel » entre le narrateur et le spectateur, la *captatio illusionis* est rendue possible, c'est-à-dire le pacte d'illusion consentie (Fortier & Mercier, 2014), selon lequel les acteurs considèrent comme vrais des éléments qu'ils savent faux, font « comme si » ou imaginent des choses inexistantes « ici et maintenant ». Ces conventions sont importantes, car elles permettent de rendre compte des éléments essentiels des acteurs pour débiter leur récit, mais aussi et surtout, parce qu'elles permettent la *suspension consentie de l'incrédulité* (Ferri, 2007; Horcik et al., 2014; Picholle, 2013) notion utilisée surtout en narratologie, mais aussi simulation pour rendre compte de l'Engagement des acteurs dans un cadre fictif, ici finalisé par la *mise en intrigue* souhaitée par les acteurs. Ainsi, même si les photos sphériques de l'EV ne permettent pas de visualiser les lieux et organes tels quels dans le bâtiment réacteur réel ou encore refaire l'ensemble du cheminement, la suspension de l'incrédulité permet aux acteurs de faire « comme si » c'était le cas. Ces conventions sont massivement présentes dans la macro-séquence « Planter le décor du récit » mais nous les retrouvons également dans d'autres séquences, notamment quand les acteurs identifient et cherchent à rendre compte des écarts entre l'EV et l'environnement réel.

De plus, la recherche du lieu et d'une vision adéquate n'était pas toujours rendue possible par les photos sphériques. Ainsi en arrivant au bord de la piscine, P3 s'est rendu compte que les vannes « rampe piscine » n'étaient pas visibles, il a donc montré leur emplacement approximatif.

Les acteurs ont donc assuré la continuité fictionnelle en comblant des trous par des éléments de vraisemblance et en procédant à des ajustements dans le décor lorsque ce qui le compose n'était pas le sujet de leurs histoires.

V 3.3.2 Réaliser la mise en intrigue

Lors de la macro-séquence « Réaliser la mise en intrigue », les acteurs ont raconté ce qu'ils avaient vécu lors de l'épisode marquant, leurs émotions, doutes, questionnements ainsi que la manière dont ils avaient dépassé les difficultés rencontrées. Ils ont cherché à rendre compte de la stratégie ainsi déployée et qui avait fonctionné, ainsi que de celles qui n'avaient pas fonctionné. Pendant cette macro-séquence, ils ont également cherché à rendre compte d'une bascule dans leur compréhension de la situation pendant la situation d'intervention, c'est-à-dire indiquer ce qui finalement leur avait permis de retrouver ce qu'ils cherchaient, de confirmer un doute, ou d'avoir une réponse à leur questionnement.

À titre d'exemple, P1 a fait part des doutes et questionnements ressentis lors de l'intervention. Un tourbillon de doutes l'avait assailli quand il ne retrouvait pas la vanne recherchée dans les locaux voisins sachant qu'il s'éloignait toujours plus de la vanne Sereg associée. Ce tourbillon de doutes s'était alors traduit par un affaiblissement des types construits par le passé : [vanne d'air : n'est pas dans le local indiqué sur la fiche de manœuvre] et [vanne d'air : est dans un des locaux adjacents] et la construction du type [vanne d'air : ne peut pas être si loin de la vanne Sereg à laquelle elle est associée]. P1 a ensuite raconté comment lui et son collègue avaient décidé de faire demi-tour et de revenir dans le local où la vanne d'air était censée se trouver d'après la fiche de manœuvre.

P4 a lui aussi raconté comment, à un moment donné, il avait ressenti une incohérence entre ce qu'il était en train de chercher et l'endroit où il s'était retrouvé. En effet, après avoir cherché dans le local où la vanne était censée être, il s'était éloigné en cherchant dans les locaux adjacents en se pensant que la vanne se pouvait se trouver dans un local adjacent, jusqu'à se retrouver très loin du local initial :

« *Je m'attendais à hop, tomber sur la vanne comme ça... je pensais que j'allais la trouver de manière évidente, du coup je me suis dit si je ne la trouve pas de manière évidente dans ce local-là, je vais aller voir à côté, ça sera peut-être plus le cas. Du coup, là, je me dis qu'il n'est pas bon (le local noté dans la fiche de manœuvre), donc je vais voir un peu... faire un peu tous les locaux, faire un tour... Et puis au final... à la fin... je suis revenu ici, et je me suis dit... Je suis revenu au cœur du problème* » (Verbatim P2).

S'interrogeant toujours sur le local dans lequel devait se trouver la vanne, P4 avait changé sa méthode de recherche. En mobilisant le type [vanne recherchée : est raccordée sur le circuit UVW], il avait construit par abduction le type [suivre le circuit UVW du générateur de vapeur : permet de retrouver la vanne]. Ainsi il a décidé de « suivre » le tuyau partant du générateur de vapeur et sur lequel était raccordée la vanne recherchée. C'est cette méthode de recherche qui lui a permis de retrouver la vanne qui était au plafond.

V 3.3.3 Illustrer ce qui est raconté

La séquence « illustrer ce qui est raconté » caractérise le cours d'expérience des acteurs lorsqu'ils utilisent l'EV pour rendre compte de ce qui est raconté. Par moment, les acteurs ont « raconté ce qui était illustré » ou ont « illustré ce qui était raconté ». Ici le verbe illustrer englobe également les verbes « mimer » et « simuler ». Nous détaillons ces deux cas de figure.

Pour illustrer le premier cas de figure, nous allons nous appuyer sur le récit de P1 quand il est arrivé devant une grande tuyauterie bloquant le passage et qu'ils ont dû contourner en passant par le local se trouvant en dessous :

« *Donc là, on arrive ici (pivote dans la photo pour montrer l'environnement) et ici malheureusement, du coup notre but est d'arriver là (désigne avec sa souris la direction qu'ils devaient suivre) et ben là (pivote lentement dans la photo) on ne peut pas passer (pointe avec son doigt un gros tuyau qui bloquait le chemin)* » (Verbatim P1).

Dans ce cas, nous remarquons une sorte de « récit illustré¹⁷⁹ » durant lequel l'acteur se contente de commenter ce qu'il montre, sans se focaliser sur la construction du récit. L'utilisation des mots « là », et « ici » est très présente et indique la place qu'ont les photos à ce moment-là, notamment la possibilité de pivoter dedans, qui permet à l'acteur de montrer un ensemble d'éléments pertinents pour la compréhension du récit. C'est l'utilisation des images qui a une place prépondérante dans son récit. Il n'a pas besoin de décrire les détails de l'environnement, la visualisation partagée des lieux est suffisamment explicite et consensuelle.

Toujours dans ce premier cas de figure, la monstration des photos de l'EV peut être remplacée par la réalisation de mimes et mimiques, et notamment de gestes techniques. À titre d'exemple, lorsque P1 s'est rendu devant la première vanne qu'il devait rechercher, ce dernier a tout d'abord explicité son étonnement (en lien avec l'absence de pancarte de consignation) et ensuite en utilisant le pointeur pour désigner l'endroit où il s'attendait à voir la pancarte (Figure 86) a dit :

« Et... ! Ben, je n'ai pas de pancarte ! Il n'y a pas de pancarte dessus alors qu'il devait y avoir une pancarte de mise à disposition. Ça, c'est déjà pas normal » (Verbatim P1).

Il a ensuite précisé ses actions en utilisant le pointeur, mais également en mimant ses actions :

« Du coup je vérifie que c'est bien dessus ici ! (montrant avec le pointeur l'endroit où il y a l'arrivée d'air) je vérifie que le ... (montrant l'outil dont il ne se souvient pas du nom) mince, comment ça s'appelle... la cuillère soit bien en place et que c'est bien réglé, que j'ai bien l'attache (lâche la souris et mime le geste de serrage du frein), le serrage pour éviter que le volant bouge (Figure 91). » (Verbatim P1).

¹⁷⁹ Nous employons le terme de « récit illustré » pour mettre l'accent sur l'importance qu'ont les photos sphériques pour les acteurs lors de cette séquence. Ce terme doit être compris comme un synonyme du terme « récit », utilisé pour simplifier le propos dans le reste du chapitre.



Figure 91. À gauche, le pointeur indique l'endroit où P1 s'attendait à retrouver la pancarte. À droite, P1 mime le geste de serrage du frein.

Dans le deuxième cas de figure, les acteurs ont construit un récit qu'ils ont illustré par les photos sphériques. Le discours narratif était plus structuré et les photos n'apportent pas nécessairement des éléments supplémentaires :

« Donc là on s'est dit soit on passe en dessous par la crinoline pour remonter, soit on passe par-dessus pour redescendre (pivote la photo vers le bas, puis vers le haut du local) » (Verbatim P1).

En évoquant les deux options qu'ils avaient pour passer de l'autre côté de la tuyauterie, P1 a appuyé son récit en bougeant dans la photo vers le bas montrant la crinoline qui descendait et vers le haut, désignant le plafond. Aussi, dans ce cas de figure, l'acteur utilise les photos sphériques pour montrer ce dont il parle, mais le discours narratif a une place prépondérante. Les photos sphériques accompagnent ce qui est décrit sans apporter forcément de nouveaux éléments.

V 3.3.4 Rendre dynamique le statique pour re-vivre et « faire vivre » l'intervention

La dimension dynamique du cours d'expérience pendant la mise en récit de l'expérience vécue lors des épisodes marquants, et la monstration des photos sphériques a été systématiquement présente et exprimée par cette séquence. En effet, les acteurs ont cherché à pallier à l'aspect statique des photos sphériques en racontant la durée du cheminement, les manœuvres réalisées sur certains organes, les endroits par lesquels ils sont passés et les choses qu'ils ont vues (ou n'ont pas vues) pendant leur trajet. Cette caractéristique de leur activité est exprimée par (i) un changement de rythme dans le récit (accélération ou ralentissement), (ii) un changement du volume (parler plus ou moins fort) et de l'intonation de la voix, (iii) des mimes ou mouvements corporels, (iv) des rotations plus lentes ou plus rapides dans l'EV en utilisant notamment l'axe vertical en plus de l'axe

horizontal, ou encore v) l'apparition de moments de silence dans le récit. Le Tableau 72 décrit le Récit Réduit de P1 et sont notamment précisés ses mouvements, mimes et à la manière dont il a pivoté dans les photos sphériques. Quand il a pivoté les photos sphériques, sa Préoccupation n'était pas juste de montrer les lieux, mais aussi de rendre compte de plusieurs autres éléments de son cours d'expérience passé. À titre d'exemple, en entrant dans un nouveau local, il a pivoté lentement la photo pour se repérer, mais aussi pour montrer le local à son interlocutrice, comme quelqu'un qui tourne sa tête pour découvrir le nouvel environnement dans lequel il entre (Tableau 72, extrait 102).

Pendant ces moments d'exploration du nouveau local, P1 a pivoté de manière horizontale, mais aussi verticale, cherchant à donner un aperçu d'ensemble du local, souvent en « se retournant » vers l'endroit d'où il était arrivé. Par la suite, l'acteur a voulu rendre compte de la recherche qui avait été longue, fastidieuse en « tournant en rond » sans trouver ce qu'il cherchait. Il a alors pivoté rapidement horizontalement dans la photo avec un champ de vision restreint comme si la souris représentait quelqu'un qui tourne légèrement le regard dans l'objectif de « scanner » un local à la recherche de quelque chose de précis (Tableau 72, extraits 97, 108). Pour renforcer cette sensation de « faire des tours », il a également mimé des rotations avec sa main (Tableau 72, extrait 86) tout en accompagnant son récit par ces gestes : « *Du coup, on tourne, on tourne, on tourne, on cherche. Il y en a une autre.* » (Verbatim, P1).

Tableau 72. Extrait de verbalisations et actions de P1 pendant le dispositif NaRé.

No	Verbatim pendant la situation observée	Navigation dans l'EV
86	« <i>Du coup, on tourne, on tourne, on tourne, on cherche. Il y en a une autre (crinoline), on sait, on cherche, on trouve...</i> »	👉 Mime avec sa main des rotations (↔) Avance dans le local en se téléportant de photo en photo rapidement tout en pivotant (↔) dans les photos sphériques pour élargir le champ de vision
97	« <i>Au bout d'un moment, c'est bon, on en a marre, mais bon, on n'a pas le choix, donc on se dit : « si ce n'est pas ici c'est peut-être au local d'à côté ».</i>	Pivote dans la photo (↔) rapidement sans élargir le champ de vision
102	« <i>Donc on arrive sur des choses comme ça qui sont à risques aussi. Et ici, pareil, on fait un tour...</i> »	Pivote lentement dans la photo (↔↓) et avance dans le local
108	« <i>Avec le collègue, on s'est dit : « ce n'est pas possible, ça ne peut pas être aussi loin, ça ne peut pas être à l'autre bout du bâtiment, ce n'est pas possible ». Du coup, après, on revient</i> »	Avance au fond du local, derrière une bâche pour montrer les vannes qui se trouvent là-bas. Pivote (↔) rapidement avec un champ de vision restreint.

Les mouvements, pointages et façons de pivoter dans les photos sphériques ont rendu plus dynamique le récit, et ont permis à l'acteur de rendre compte d'éléments qu'il n'aurait pas pu partager sans l'EV. À l'instar d'une vidéo qui est un « objet temporel », les acteurs ont introduit de la temporalité dans leur récit à partir de leurs mouvements (par l'utilisation des photos de l'EV et leurs mimiques), mais aussi par leur manière de raconter le récit.

V 3.3.5 **Rendre compte de l'environnement réel**

Le cours d'expérience des acteurs lors de cette séquence caractérise leur Engagement à rendre compte à leur interlocuteur de l'environnement réel et des différences entre la vision des photos sphériques et le bâtiment réel. Nous allons exemplifier cette séquence par la description du cours d'expérience de P1.

Lors du dispositif, P1 précise¹⁸⁰ que la configuration de l'espace devant la vanne cachée n'est pas la même que celle du bâtiment réacteur réel pendant l'intervention¹⁸¹ :

« Là en tranche 3, c'est un peu différent, parce que là, en fait, on n'a pas de plaque ici, parce que ... si je ne me trompe pas, il me semble qu'on a un débitmètre » (Verbatim P1 lors du dispositif).

Le Tableau 73 présente un extrait d'une construction du cours d'expérience de P1 lors de l'intervention et lors du dispositif NaRé. Pendant l'intervention, P1 s'est rendu deux fois dans le local où se trouve la vanne cachée et a perçu différents éléments de son environnement qui ont été significatifs.

À son premier passage devant la vanne faisant l'objet de sa recherche¹⁸² P1 a vu, entre autres, une vanne se trouvant contre le mur et une tuyauterie (Figure 90). Il a regardé le repère fonctionnel de la vanne en question pour savoir s'il s'agissait de la vanne qu'il recherchait, mais ce n'était pas le cas. La tuyauterie avait néanmoins les dimensions de celle sur laquelle devrait se trouver la vanne

¹⁸⁰ Contrairement aux autres présentations de résultats, nous faisons le choix de présenter le cours d'expérience de P1 lors du dispositif en utilisant le présent et pas le passé afin de mieux rendre compte des différences de temporalité entre le cours d'expérience de l'acteur lors de l'intervention (décrit au passé) et le cours d'expérience de l'acteur lors du dispositif (décrit au présent).

¹⁸¹ Les photos utilisées pour le bâtiment réacteur virtuel sont celles de la Tranche 1 de la centrale. P1 est intervenu à la Tranche 3 qui est légèrement différente au sein de ce local. Dans le local de la Tranche 1, il y a un plaquage tandis que dans le local de la Tranche 3 il n'y a pas de plaquage et il y a un autre organe à la place.

¹⁸² Le terme « recherchée » est utilisé pour qualifier la « vanne cachée », c'est-à-dire la vanne d'air que recherchait P1.

en question. Après avoir inspecté le reste de la tuyauterie sans trouver la vanne, il s'est dit que cette section ne devait faire qu'un simple U dans le local, et a continué sa recherche plus loin.

Tableau 73. Extrait du cours d'expérience de P1 pendant l'intervention et pendant le dispositif NaRé.

	Cours d'expérience lors de l'intervention	Cours d'expérience lors du dispositif NaRé
Premier passage devant l'endroit où se trouve la vanne cachée	<p>E₁ : cherche à trouver la vanne d'air E₁ : cherche à trouver de petites tuyauteries U₁ : voit une vanne contre le mur S₁ : [vanne recherchée] : peut être n'importe quel type de vanne (et donc potentiellement du type de celle qu'ils voient) R₁ : vanne se trouvant contre le mur</p> <p>U₂ : vérifie le repère fonctionnel de la vanne I₂ : [vanne contre le mur] : n'est pas la vanne d'air qu'ils cherchent</p> <p>E₃ : cherche à trouver la vanne d'air E₃ : cherche à trouver de petites tuyauteries S₃ : [vanne recherchée] : est raccordée avec une petite tuyauterie U₃ : voit une petite tuyauterie telle que celle recherchée, descendre le long du mur. R₃ : visualisation d'une petite tuyauterie descendre le long du mur I₃ : Construction d'un type : [tuyauterie qui descend le long du mur] : n'est pas la tuyauterie recherchée, car elle fait juste un U sans de vanne raccordée dessus.</p>	<p>E₁ : décrire le cheminement sans dévoiler les informations par rapport à l'identité et l'emplacement de la vanne E₁ : rendre compte de la configuration du bâtiment réacteur réel à cet endroit U₁ : précise l'absence du plaquage en tranche 3 de la centrale R₁ : présence d'un plaquage à la tranche 1 qui n'existait pas en tranche 3</p> <p>E₂ : cherche à rendre compte de la configuration du bâtiment réacteur réel à cet endroit sans dévoiler l'emplacement de la vanne cachée. S₂ : [petite vanne : est cachée derrière un organe] U₂ : Désigne l'endroit où il y avait l'organe (débitmètre) R₂ : ND I₂ : abduction : [organe devant la vanne cachée] : était un débitmètre</p>
Deuxième passage devant la vanne cachée	<p>U_x : se penche pour voir ce qu'il y a derrière « l'organe ». S_x : la vanne recherchée doit être près de celle se trouvant à l'espace annulaire U_{x+1} : voit une vanne sur la tuyauterie en U I_{x+1} : invalidation d'un type : [tuyauterie qui descend le long du mur] : n'est pas la tuyauterie recherchée, car elle fait juste un U sans de vanne raccordée dessus. I_{x+1} : construction du type : [petite vanne] : est la vanne recherchée I_{x+1} : construction du type : [petite vanne] : est cachée derrière un organe I_{x+1} : construction du type : [vanne recherchée] : n'a pas de pancarte de consignation</p>	<p>U_y : Montre la vanne qui était recherchée</p>



Figure 92. Tuyauterie sur laquelle était raccordée la vanne d'air (vanne cachée).

En revenant un peu plus tard dans le même local, il s'est penché sur le côté pour voir ce qu'il y avait derrière un organe et revoit la tuyauterie qui l'avait déjà remarqué précédemment, mais remarque cette fois-ci la présence d'une petite vanne dessus.

Lors du dispositif, P1 est étonné de voir la présence d'un plaquage en plomb (Figure 93). En effet, sur la tranche 3 de la centrale, celle où il a réalisé son intervention, il n'y en avait pas. En explicitant cette différence à son interlocutrice, il précise qu'à la place du plaquage il y avait un autre organe : un débitmètre selon lui, mais sans en être sûr pour autant. À ce moment-là, il y a une tension entre ce qui fait signe pour lui *hic et nunc* et le type construit lors de l'intervention [petite vanne : est cachée derrière un organe]. Il fait alors l'hypothèse que cet organe était un débitmètre. En effet, lors de l'intervention P1 n'a pas prêté attention au rôle de l'organe qui était devant la vanne. La vanne recherchée était seulement cachée derrière « un organe ». Cet organe a été significatif pour l'acteur de par la place qu'il occupait dans l'espace (parce qu'il masquait la vanne recherchée), mais pas par rapport à sa fonction.



Figure 93. Plaquage derrière lequel se trouvent la vanne "cachée" et la vanne qu'ils ont vue.

Aussi, dans le cadre du NaRé, le plaquage (R) est perçu par l'acteur comme une « différence qui fait la différence » (Theureau, 2006) de par son apparition. Afin de rendre compte de la configuration de l'espace lors de l'intervention dans le bâtiment réacteur, l'acteur explicite cette différence qui pourrait porter à confusion et gêner la mise en intrigue dynamique. Il cherche donc à décrire précisément la configuration dans le local et ce qu'il a perçu pendant ce premier passage, mais sans pour autant dévoiler certaines informations relatives à l'identité de la vanne cachée.

De manière générale, l'acteur s'est attaché à expliciter ces « différences qui font la différence » quand il jugeait que l'explicitation était pertinente pour la compréhension de son récit. Ces écarts, que l'on retrouve aussi dans les récits des autres acteurs ayant participé au dispositif NaRé, les ont conduits à expliciter certains aspects de l'environnement, ou des actions réalisées qu'ils n'auraient pas forcément explicités dans d'autres conditions. Ceci est particulièrement intéressant dès lors qu'il s'agit des actions que l'acteur fait, et qui sont « transparentes » pour lui. L'acteur n'aurait pas explicité spontanément certaines de ces actions ou ses connaissances, mais les écarts entre les deux environnements rendaient cela indispensable pour la compréhension du récit par autrui.

V 3.3.6 Vérifier un souvenir

La séquence « Vérifier un souvenir », porte sur l'utilisation de l'EV pour vérifier des traces matérielles ou laissées dans le corps (mémoire) de l'expérience vécue lors de la situation de travail. Les acteurs ont cherché à vérifier la « justesse » de certains souvenirs, en naviguant dans les photos sphériques de l'EV. Dans l'extrait qui suit, P1 a raconté qu'ils étaient descendus avec son collègue dans le local se trouvant en dessous de celui auquel ils voulaient se rendre. Mais, tout en racontant, il a eu un doute concernant la présence de tuyauteries à risques dans le local en question.

« Oui, on est descendus par la crinoline qui est ici et du coup (pivote dans la photo pour désigner le cheminement), on est repassés par ici sachant qu'ici on fait en sorte de se dépêcher, parce que là, d'une part, il y a la gaine de ventilation (pointe avec la souris la grille de ventilation) et si je ne me trompe pas... (se téléporte un peu plus loin dans le local), si je vois bien le bon endroit (pivote dans la photo sphérique), oui, c'est ça, ici, c'est du matériel à risques... C'est même très risqué... On se dépêche de passer là et en même temps, on cherche la crinoline pour remonter » (Verbatim, P1).

Pour lever ce doute qui a émergé lors de son récit, P1 a avancé dans l'EV vers la direction opposée de celle du cheminement réalisé dans le bâtiment réacteur réel. Ce détour lui a permis de renforcer un type concernant la présence de tuyauteries du circuit ABC dans ce local et de poursuivre sa navigation vers l'endroit où ils sont réellement passés. Contrairement à ce qu'il aurait fait sur le terrain, il s'est rendu virtuellement près de la tuyauterie pour lire le nom du circuit, tandis que sur le terrain il ne se serait pas rapproché d'un circuit potentiellement dosant uniquement pour vérifier de quel circuit il s'agissait.

V 3.4 Apprentissage/développement par la reprise de chaînes interprétatives pendant le dispositif

Pendant le dispositif, les acteurs ont construit, validé, et renforcé un ensemble de types. Nous présenterons le cas exemplaire de P3 qui a repris une enquête concernant la structure du couvercle de la cuve et plus spécifiquement des tireforts de la cuve (Figure 94), dont le rôle est de centrer et maintenir la cuve, mais aussi d'absorber les chocs et vibrations en cas de séisme.



Figure 94. Tireforts et couvercle de la cuve.

Cette construction de types liés aux tireforts s'est faite en quatre temps distincts (Figure 95). La première étape a lieu lors d'une entrée dans le bâtiment réacteur avec son collègue M qui lui a montré l'endroit où s'accrochaient les tireforts (les tireforts n'étaient pas visibles quand ils sont entrés, car la piscine du bâtiment réacteur était pleine). M lui-même ne les avait jamais vus. Lors de l'intervention, P3 s'est interrogé (individuellement et avec son collègue) sur le rôle de ces tireforts, mais M ne savait pas exactement quel était leur rôle.

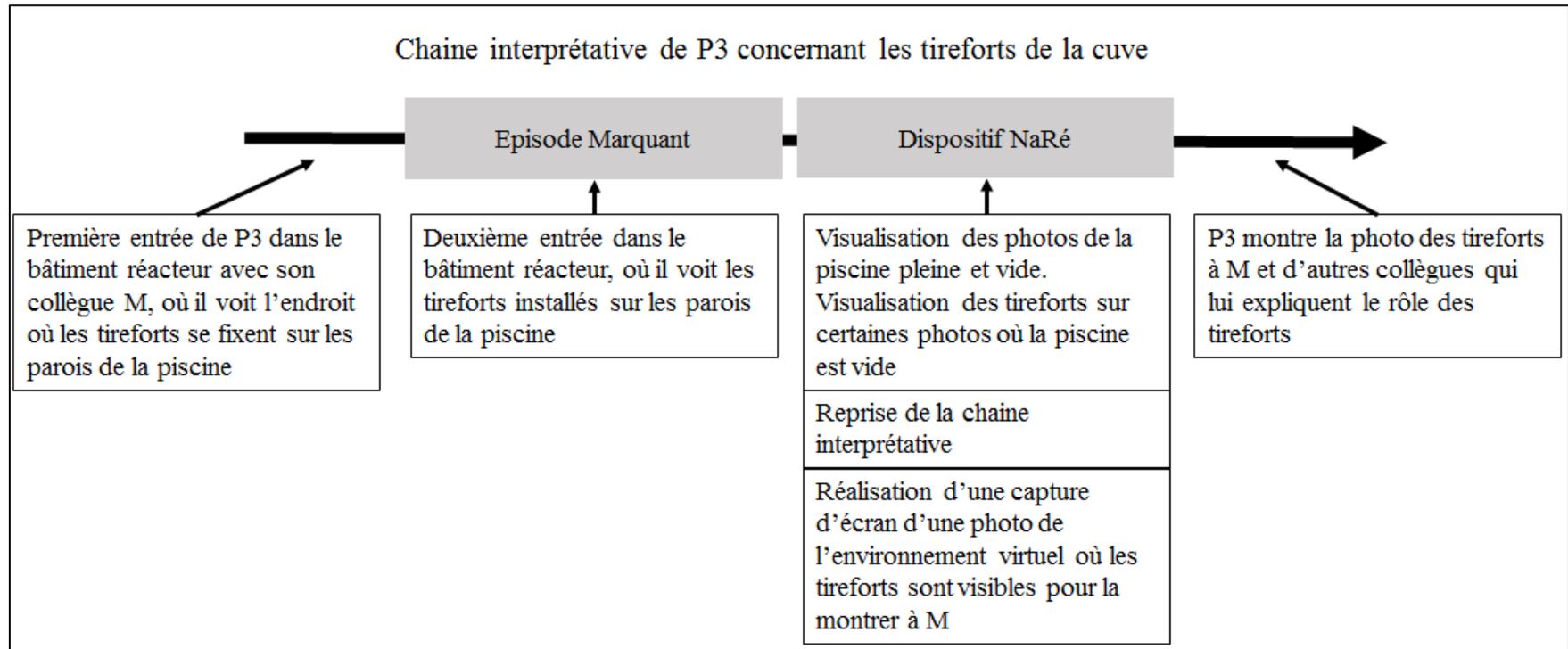


Figure 95. Chaîne interprétative de P3 lors des différentes interventions.

Cette chaîne interprétative a été reprise dans un second temps, lors d'une deuxième entrée dans le bâtiment réacteur, seul cette fois-ci, durant laquelle P3 a pu voir les tireforts en question¹⁸³. Lors de cette seconde entrée dans le bâtiment réacteur, P3 a pu les voir en passant à proximité de la piscine lors d'une intervention sur un autre élément. Ce passage fut rapide et il n'a pas pu s'approcher des tireforts à ce moment-là.

Son enquête a repris à l'occasion du dispositif NaRé. Après avoir décrit les deux précédentes étapes (constituantes de son épisode marquant), l'acteur a remarqué que les tireforts étaient visibles sur les photos sphériques de l'EV, et il a entrepris une enquête opportuniste¹⁸⁴. Cette deuxième reprise de la chaîne interprétative lui a permis de répondre à certains de ses questionnements initiaux et complémentaires, tout en en amenant d'autres, nous y reviendrons.

Enfin, il y a un quatrième temps (ou une troisième reprise) de cette chaîne interprétative quand P3 a montré à M et d'autres collègues une photo de l'EV de ces fameux tireforts¹⁸⁵ (Figure 95).

Nous détaillons ci-après la reprise de la chaîne interprétative. Au début, la Préoccupation de P3 était de comprendre comment sont fixés les tireforts sur le couvercle de la cuve et comment ils se plient. Ce dernier a regardé attentivement les tireforts, l'endroit où ils se fixent sur une structure jaune et un autre questionnement a émergé. Il s'est demandé à quel moment ils étaient utilisés (UE18, Tableau 74). En regardant la photo sphérique de la Figure 97, il a vu qu'il y avait quatre autres tireforts au-dessus du couvercle de la cuve. Il s'est d'abord dit (UE19, Tableau 74) qu'ils devaient servir à remplacer ceux se trouvant sur le côté, puis il a rapidement formulé une hypothèse alternative en se disant que ceux du haut doivent doubler les tireforts se trouvant sur le côté (UE20, Tableau 74).

« *Je pense qu'ils peuvent servir en fait, à stabiliser... ben tout ce qui... Au final, ça, (en montrant le couvercle de la cuve) c'est tout ce qui est au-dessus. Parce que là (en montrant le pont de vie) tu as ton passage de câbles donc c'est pour ce qu'il y a au-dessus, parce que... tak tak tak, (dézoome et pivote la photo vers le couvercle de la cuve)... Parce qu'après il est peut-être remplacé par ceci ... (en montrant les tireforts se trouvant au-dessus du couvercle de la cuve) ou doublé par ceci. Tu*

¹⁸³ Ces tireforts ne peuvent être vus en position que dans de très rares occasions dans la mesure où il faut que la piscine soit vide, donc soit au tout début de l'arrêt de tranche soit à la fin juste avant le redémarrage.

¹⁸⁴ Nous reprenons ici le terme d'enquête opportuniste tel que défini dans le chapitre précédent (section 3) pour décrire le cours d'expérience des acteurs lors d'une enquête qui n'a pas été prescrite par le dispositif, mais dont l'amorce est un élément visualisé dans l'EV qui rentre en résonance avec l'Engagement de l'acteur *hic et nunc*.

¹⁸⁵ Information qui nous a été partagée à l'issue du dispositif par communication personnelle.

dois en avoir (en mimant avec ses mains, Figure 96) quatre sur le dessous et quatre sur le dessus ?
(zoome un peu plus sur la photo) (Verbatim P3).

Tableau 74. Extraits de la construction du Récit Réduit de P3, complété par quelques composantes du signe hexadique.

Extraits du Récit Réduit du cours d'expérience de P3

U19 : en regardant les tireforts se trouvant au-dessus du couvercle de la cuve, se dit qu'ils doivent servir à remplacer les tireforts qui se trouvent sur le côté quand ceux du côté sont pliés.
R : visualisation des tireforts se trouvant au-dessus du couvercle de la cuve.
I : questionnement : se demande quel est le rôle des tireforts et à quel moment ils sont utilisés.

U20 : comprend que les tireforts du haut de la cuve peuvent également doubler ceux du côté.
I : construction de type : les tireforts du haut doivent doubler les tireforts du côté.
I : mobilisation de type : dans le nucléaire souvent les différents dispositifs de protection sont doublés en cas de défaillance d'un des systèmes.

U29 : regarde attentivement les tireforts en se demandant s'ils sont fixes ou amovibles.
I : questionnement : se demande se les tireforts sont fixes ou amovibles.

U33 : voit que dans la nouvelle photo et donc dans un moment différent, il y a deux tireforts à l'endroit où il y en avait un seul à la précédente photo.
R : visualisation des deux tireforts à l'endroit où précédemment il y en avait un seul.
I : invalidation de type : Il y a quatre tireforts qui stabilisent le couvercle de la cuve.
I : construction de type : sur un des côtés il y a deux tireforts au lieu d'un seul.
I : questionnement : se demande combien de tireforts il peut y en avoir en tout.
I : questionnement : se demande à quel moment il y en a deux et à quel moment il peut y en avoir davantage.
I : mobilisation de type : les photos ont été prises à des jours différents, elles représentent donc des moments de l'arrêt de tranche différents.

U36 : se demandant s'il y a deux tireforts de l'autre côté aussi à un autre moment cherche à trouver un autre point de vue sur le couvercle de la cuve et la structure jaune.
I : mobilisation de type : les photos ont été prises à des jours différents, elles représentent donc des moments de l'arrêt de tranche différents.
R : impossibilité de visualiser le côté opposé de la piscine pour savoir s'il y a un ou deux supports de tireforts.

U38 : pivote dans la photo sphérique en cherchant sur le plancher 22 mètres le couvercle de la cuve.
I : mobilisation de type : quand la piscine est en eau, le couvercle de la cuve est à l'extérieur de la piscine, déposé sur le plancher 22 mètres.
I : abduction : fait l'hypothèse qu'il pourra retrouver le couvercle de la cuve à l'extérieur de la piscine et observer la configuration de la structure jaune à ce moment-là.

U43 : ayant fait l'hypothèse que la structure jaune est fixe et qu'elle a été mise en place dès la construction de la centrale, se demande quel est son rôle.
I : invalidation de type : les tireforts ont été mis en place suite à une mesure post-Fukushima.
I : construction de type : les tireforts ont été mis en place dès la construction de la centrale.
I : questionnement : se demande pour quelle raison ils ont été mis en place.
I : invalidation de type : le rôle des tireforts n'est pas juste de l'antisismique.

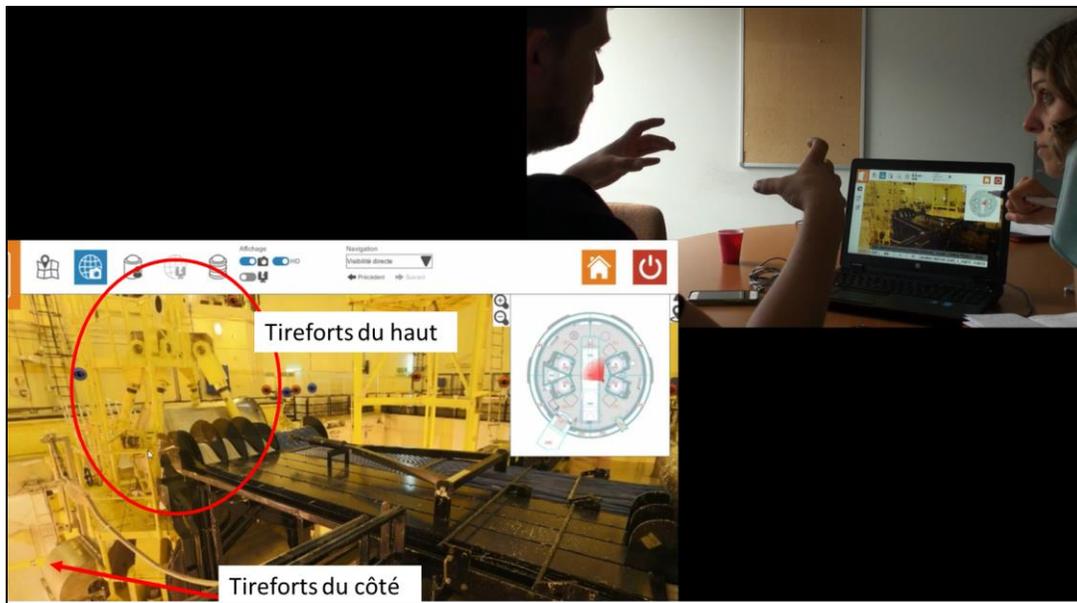


Figure 96. P3 mime avec ses mains le positionnement des tireforts de la cuve.

Il s'est ensuite attaché à compter les tireforts pour voir si ce qu'il était en train de voir était cohérent avec le souvenir qu'il en avait après ses interventions sur le terrain. Il a longuement observé les filins et les bobines (Figure 97) qui servent à remonter chacun des tireforts, il a également observé comment était fixé le tirefort en face de lui sur la paroi de la piscine et aussi le système d'accroche des tireforts du haut.



Figure 97. Filin, bobine et structure métallique jaune se trouvant au-dessus du couvercle de la cuve.

Pour ceux-ci, il s'est dit qu'ils devaient servir à tenir le palan qui sert au déplacement du couvercle de la cuve, raison pour laquelle il a conclu qu'ils étaient fixes sur le couvercle. En réalisant qu'à partir d'une autre photo sphérique il pourrait avoir un autre point de vue sur les tireforts et voir

différemment la façon dont ils étaient fixés, il s'est rendu à l'autre côté de la piscine. À sa grande surprise, quand il a trouvé une photo sur laquelle la piscine était vide, il a vu qu'il n'y avait plus un, mais deux tireforts à leur emplacement sur la photo visionnée précédemment. Comme les photos étaient prises à des moments différents, il en a conclu qu'à un moment donné de l'arrêt, un seul tirefort est accroché sur un des côtés et qu'à un autre moment il y en avait deux (UE33, Tableau 74).

Ceci a fait émerger un nouveau questionnement portant sur le moment où se réalise ce changement et pour quelle raison. Afin de vérifier si les doubles tireforts se trouvent uniquement du côté de la passerelle, ou s'il y en a de l'autre côté aussi, P3 a changé de photo pour avoir un autre point de vue sur le couvercle de la cuve et pouvoir compter le nombre total des tireforts (UE36, Tableau 74). Ne trouvant pas de photo où la piscine était vide, il a pivoté dans la photo sphérique en cherchant le couvercle de la cuve sur le plancher 22 mètres. En mobilisant une connaissance, à savoir que quand la piscine est en eau le couvercle de la cuve est posé à l'extérieur sur le plancher, il a fait l'hypothèse qu'il pourrait retrouver le couvercle de la cuve posé sur le plancher et observer la configuration de la structure jaune à ce moment-là (UE38, Tableau 74). Dès qu'il a trouvé un point de vue donnant sur le haut du couvercle de la cuve, il l'a regardée attentivement en se focalisant sur la façon dont les tireforts étaient pliés dessus.

« P3 : [...] là, tu en as un autre qui est ici (en regardant le haut du couvercle de la cuve se dirige vers le bord de la piscine opposé dont le support du tirefort n'est pas visible depuis la photo sphérique). Il doit être à peu près par-là. Ceux-là (les tireforts du haut) ... (regarde longuement la photo en suivant les tireforts jusqu'à l'endroit où ils retrouvent le couvercle de la cuve), ils ont l'air d'être fixes (change de photo sphérique). Ah, ce n'est déjà pas le même moment.

C. : Il y en avait un seul tout à l'heure.

P3 : Oui, et là, il y en a deux (en montrant avec la souris). D'accord, donc ils les rangent là apparemment (en montrant le mouvement qu'ils doivent réaliser pour se ranger). Et au-dessus, tu as toujours celui-là, donc celui-là est fait pour le lever (en mimant avec sa main le mouvement). Donc, ça, ça doit être... (passe en HD, pivote lentement et zoome sur la photo tout en se rapprochant lui-même de l'écran). Du coup ça (les deux tireforts) je me demande si c'est une structure fixe ou pas. Tu vois que c'est quand même bien pris ici, (en montrant les supports des tireforts sur les parois de la piscine), mais en deux fois (en pointant les tireforts du côté opposé où il y en a deux).

P3 : Il faudrait regarder s'il y en a aussi un deuxième de ce côté-là ou s'il n'y a que de ce côté-là qu'il y en a deux. Il y a deux fois deux, mais en face... (change de photo pour avoir un autre point de vue sur les tireforts).

(Ouvre une autre photo sphérique). Ah, en eau... Du coup, quand c'est en eau, on devrait pouvoir retrouver cette partie-là quelque part (pivote dans la photo pour retrouver le couvercle de la cuve posé quelque part sur le plancher 22m. Une fois trouvé il change de photo en allant tout en haut du

bâtiment réacteur pour avoir le couvercle en dessous). *Si la piscine est en eau, toute la partie est enlevée. C'est la logique du technicien, ça.*

(Regarde lentement le couvercle de la cuve). *Et là, tu as le couvercle en lui-même* (en montrant les trous des vis). *La structure a l'air d'être fixe dessus.*

C. : D'accord. (Quelques secondes plus tard) et là, qu'est-ce que tu cherches ?

P3 : Là, je suis en train de chercher la MSDG. [...] Elle est là. (En la montrant avec la souris). Je regarde la place que prenait la partie jaune sur le mécanisme là. En fait, ça ne prend pas plus de place, donc en fait, ça n'empêche pas la MSDG de passer.

C. : Donc, c'est ça qui te fait dire que la structure est fixe ?

P3 : Oui. » (Verbatim P3 et C).

Il a également examiné le diamètre du couvercle et les trous des goujons, et en a déduit que pour savoir si la structure jaune était fixe ou mobile, il pouvait regarder le diamètre de la Machine de Serrage et Desserrage des Goujons (MSDG). Comme son nom l'indique, il s'agit d'une machine qui est positionnée au-dessus du couvercle de la cuve pour serrer ou desserrer les goujons qui verrouillent le couvercle au reste de la cuve pendant la production. Si la structure jaune était suffisamment étroite pour que la MSDG puisse se poser par-dessus et serrer ou desserrer les goujons, cela signifierait d'après P3 que la structure jaune est fixe. Après avoir comparé le diamètre des deux organes, il en a déduit que la structure jaune ne gênait pas le positionnement de la MSDG et que cette structure était donc fixe sur le couvercle de la cuve (UE43, Tableau 74).

Les différentes temporalités représentées par les photos sphériques représentant des moments distincts de l'arrêt de tranche lui ont également permis de voir comment évolue la configuration de certaines dispositions du matériel. Ainsi, quand la piscine était en eau sur les photos sphériques, il a pu voir le couvercle de la cuve et la structure supérieure se trouvant à l'extérieur de la fosse, posé sur le plancher piscine. Dans une autre photo avec la piscine vide, il a pu voir comment et où était positionné le couvercle de la cuve quand les quatre tireforts étaient fixés. Enfin, une troisième configuration a été identifiée à travers une troisième photo où il a vu les six tireforts du côté et les quatre tireforts du haut, fixés. Il a également pu faire l'hypothèse que les tireforts étaient doublés du côté où il y a la petite passerelle pour passer du plancher 22 mètres sur le couvercle de la cuve.

Avant cette reprise d'enquête, réalisée lors de la séance des épisodes marquants, P3 ne se sentait pas forcément capable de décrire en détail les tireforts :

« *Là, tu as les supports. On ne va pas bien les voir ici, je n'arriverai pas à les décrire malheureusement* » (verbalisation P3).

Il ne se souvenait pas comment les tireforts étaient fixés sur les parois de la piscine et sur le couvercle de la cuve. L'exportation d'une photo de l'EV l'a outillé pour pouvoir poser des questions à ses collègues, plus précises et mieux ciblées, tout en leur partageant avec eux le visuel de la structure en question.

Dans son enquête liée aux tireforts du couvercle de la cuve, P3 n'a pas forcément trouvé de réponses à tous ses questionnements. Il a obtenu des éléments de réponse, mais on remarque qu'il s'est surtout posé de nouvelles questions, il a émis de nouvelles hypothèses, plus précises cette fois. Son enquête lui a permis de se familiariser avec la structure se trouvant au-dessus du couvercle de la cuve, avec les supports fixés sur les parois de la piscine, mais aussi de construire des types provisoires concernant le rôle de cette structure, le nombre de tireforts qui tiennent le couvercle, la mobilité générale de cette structure, le dédoublement des tireforts du bas par les tireforts du haut, le lien entre la structure et les travaux du programme post-Fukushima de résistance aux séismes, etc. Le questionnement de P3 s'est transformé, précisé et a évolué pendant le dispositif NaRé, tout en prolongeant cette chaîne interprétative sur un plus long terme, puisqu'il a échangé avec ses collègues après le dispositif en leur montrant la photo des tireforts.

« P3 : C'est de la curiosité, mais pour moi, c'est important de le savoir dans le sens où si ce n'est pas fixe, ça veut dire qu'on peut l'enlever à un moment ou à un autre de sur le couvercle. Si c'est fixe, forcément, ça reste dessus. S'il est fixe, ça veut dire que c'est un par tranche et que c'est normal d'en avoir un sur le couvercle alors que si on peut l'enlever, ça veut dire qu'on le met, parce qu'on a besoin à un moment donné. Pourquoi est-ce qu'on en aurait besoin à un moment donné et pas à un autre ? Qu'est-ce qui fait qu'on en a besoin ? Qu'est-ce qui fait qu'on n'en a pas besoin ?

C. : Oui, en fait, ça ouvre des questions.

P3 : C'est ça. Et maintenant du fait de savoir que c'est fixe, je sais que c'est normal de l'avoir sur un couvercle. Maintenant, j'ai juste à savoir pourquoi on met ça et quelle est sa vraie utilité. Pourquoi est-ce qu'à la base on a mis ça ? Ça, pour moi, ça a été mis en place quasiment à la construction, donc ce n'est pas du post Fukushima, ce n'est pas juste de l'antisismique, donc c'est qu'il y a une raison... » (Verbatim P3 et C)

L'effet transformatif du dispositif est lié à la reprise des histoires ouvertes antérieurement, à la construction de nouvelles connaissances, mais aussi à l'invalidation d'hypothèses formulées auparavant. Cette activité reflète les écrits de Birbili (2008), pour qui aucune expérience ne peut engendrer des apprentissages si elle n'est pas mise en relation avec des connaissances déjà acquises, tout en permettant d'y associer des nouvelles.

Chapitre 5 - Troisième Étude : Dispositif NaRé

Dans le cas illustré, le rôle des questionnements de l'acteur est principal puisqu'ils ont guidé cette enquête opportuniste. En effet, de la maïeutique de Socrate aux recherches réalisées plus récemment concernant l'apprentissage, les chercheurs avancent l'importance des questionnements et surtout des questions posées aux élèves et apprentis (Birbili, 2015). Dans le cas de l'enquête de P3, nous constatons une construction de types provisoires qui sont renforcés ou invalidés par la visualisation des photos sphériques, et par les souvenirs qu'il a des tireforts. Cependant, ce qui a encouragé cette typicalisation a été le tourbillon de doutes ressenti lors de ses questionnements et l'enquête qu'il a entreprise encouragé par sa curiosité. D'après Katz (1996), cette curiosité est la clé pour un apprentissage, et les bonnes questions (à poser ou à se poser) permettent d'alimenter cette curiosité. Nos résultats sont en accord avec Fisher (2013) qui souligne que la puissance des questionnements est qu'ils obligent les acteurs à étudier plus minutieusement des choses connues (ou considérées connues), à rechercher les causes et explications, mais aussi à prêter attention aux détails.

V 4. DYNAMIQUE D'APPRENTISSAGE/DÉVELOPPEMENT LIÉE À LA TRIPLE TEMPORALITÉ DE LA MISE EN INTRIGUE

Dans cette discussion intermédiaire, nous présentons une dimension du cours d'expérience des acteurs lors de la mise en intrigue, qui a favorisé la construction, renforcement, validation, affaiblissement ou invalidation de types ou de relations entre types : le fait de devoir réorganiser temporellement les événements vécus.

Nous employons ici la notion d'intrigue au sens de Ricœur (1984). L'intrigue, qui correspond à la notion de *muthos* d'Aristote (Ricœur, 1983), doit être comprise au sens actif, comme une activité productrice d'intrigues (Bonzon, 1987). La mise en intrigue, ou configuration, est réalisée quand les acteurs rassemblent « du divers » (Villeneuve 2004, p.40) qui devient une synthèse de l'hétérogène (Ricœur, 1984). Dans notre étude, cette synthèse de l'hétérogène porte sur l'ensemble des éléments du contexte et de l'histoire de l'acteur, qui lui permettent de faire des choix et construire son récit. Ces éléments sont par exemple en lien avec le souvenir que l'acteur a de l'intervention, avec sa structure d'attente lors du dispositif, l'interaction avec son interlocutrice, les photos sphériques de l'EV, etc. Nous avons vu comment les participants au dispositif sont devenus les auteurs, acteurs et metteurs en scène de leur expérience, qu'ils ont adressée à un interlocuteur. Ils ont raconté/ « réfléchi sur » la construction de leur discours narratif en même temps qu'ils ont découvert et navigué dans et avec les photos de l'EV.

Aussi le choix et l'agencement des différents éléments constituant le « récit illustré » (choix de photo sphérique, zoomer sur un organe, bouger la photo, faire des pauses dans le récit, etc.) ressortent de ce que Ricœur appelle un « jugement réfléchissant ».

L'acte configurant qui préside à la mise en intrigue est un acte judicatoire, consistant à prendre ensemble ; plus précisément, c'est un acte de la famille du jugement réfléchissant.

Il nous est ainsi arrivé de dire que raconter, c'est déjà « réfléchir sur » les événements racontés. (Ricœur, 1984, p.115)

En s'appuyant sur la distinction de Kant entre le jugement déterminant (qui s'investit dans l'objectivité qu'il produit) et le jugement réfléchissant (qui se retourne sur les opérations par lesquelles il édifie des formes esthétiques et des formes organiques sur la chaîne causale des

événements du monde), Ricœur propose une troisième classe de jugement réfléchissant qui a comme objet les opérations de nature téléologique (comme le moment où l'acteur construit la mise en intrigue).

L'acteur construit de nouvelles connaissances grâce à l'environnement visualisé, redécouvre le lieu de l'intervention sous un autre regard (ou avec un autre point de vue) ce qui lui permet de remettre en question les connaissances acquises en invalidant des types déjà construits. Même si cette activité de construction en temps réel semble se dérouler hic et nunc, elle contient en réalité une triple temporalité (passé, présent, futur) (Figure 98).

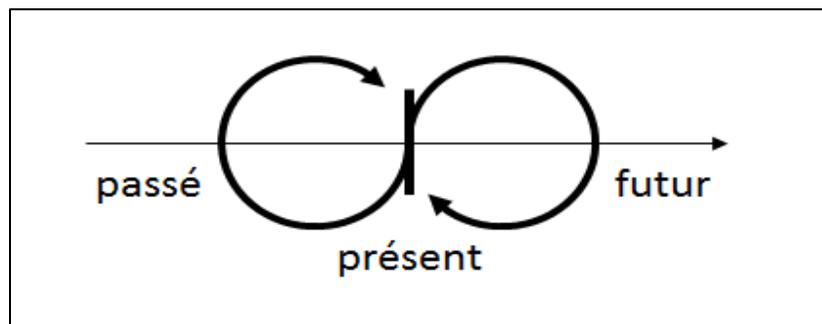


Figure 98. Triple temporalité lors de la mise en intrigue dynamique.

Cette triple temporalité est propre à toute activité humaine, et donc *a fortiori* dans l'activité de mise en intrigue. Ainsi le cours d'expérience des acteurs lors de la mise en intrigue dynamique est teinté d'une coloration temporelle liée à leur Engagement dans la situation *hic et nunc*. Pour aborder cette triple temporalité observée, nous nous appuyons sur la notion de triple mimésis de Ricœur. Dans la théorisation du récit, Paul Ricœur propose trois différents niveaux d'activité mimétique (*mimésis I*, *mimésis II* et *mimésis III*) qui rendent compte de la temporalité de l'acte narratif. Cette notion de triple *mimésis* et l'explicitation du rapport entre chacune de ces trois activités mimétiques lui permet de rendre compte de la médiation entre le temps et le récit. « Pour établir le problème du rapport entre temps et récit, je dois établir le rôle médiateur de la mise en intrigue entre un stade de l'expérience pratique qui précède et un stade qui lui succède » (Ricœur, 1983, p. 87).

La *mimésis I* correspond à la préfiguration du récit par l'acteur. La configuration de l'intrigue est « enracinée dans une pré-compréhension du monde de l'action » (Ricœur, 1983, p. 87) et cette pré-compréhension du champ narratif permet à l'acteur de réaliser la mise en intrigue.

La *mimésis II* correspond à la *mise en intrigue*, c'est-à-dire la « synthèse de l'hétérogène » (Ricœur, 1984, p. 291) à partir de la notion de *muthos* d'Aristote, définie comme « l'agencement des faits en système » (Ricœur, 1983, p. 57). Ricœur (1983) considère qu'Aristote a « ignoré les aspects temporels de la mise en intrigue » (p.87) et une partie de son œuvre consiste donc à établir cette articulation.

Le *muthos* est posé comme complément d'un verbe qui veut dire composer. La poétique est ainsi identifiée, sans autre forme de procès, à l'art de "composer les intrigues". La même marque doit être conservée dans la traduction de *mimésis* : qu'on dise imitation ou représentation, ce qu'il faut entendre c'est l'activité mimétique, le processus actif d'imiter ou de représenter. Il faut donc entendre imitation ou représentation, de transposition dans des œuvres représentatives (Ricœur, 1983, pp. 57-58).

Enfin, la *mimésis III* correspond à la « refiguration du récit », c'est-à-dire la réception de l'intrigue par autrui. Cependant, comme nos résultats le montrent, cette « refiguration » peut aussi prendre la forme d'une nouvelle réception de l'intrigue par l'acteur lui-même. Ceci est possible, et même recherché par le dispositif NaRé, car cette actualisation du récit par l'acteur même favorise une « réflexivité augmentée » (Poizat & Durand, 2017) comme cela sera précisé dans le chapitre 6.

L'extrait présentant le cours d'expérience de P1 lorsqu'il explicite les différences entre la visualisation de l'EV et l'environnement du bâtiment réel (section V 3.3.5, ci-dessus) est un exemple caractéristique de cet entrelacement de temporalités. Pendant le dispositif, l'acteur a configuré la mise en intrigue en pensant à son activité passée. Son discours narratif a été peuplé par ses souvenirs de la situation vécue, mais aussi par des éléments de son environnement *hic et nunc* lors du dispositif NaRé. Son cours d'expérience *hic et nunc* l'a confronté à un écart, entre le passé et le présent, de par la différence entre ce qu'il avait perçu, vécu, vu, ce qui avait été significatif pour lui pendant l'intervention et entre ce qu'il a vu, perçu et été significatif pour lui pendant le dispositif NaRé. Ainsi, il a cherché à rendre compte de ce qu'il avait vu, mais qu'il ne voyait pas à l'instant présent, ou ce qu'il voyait et qu'il n'avait pas vu lors de l'intervention soit parce que i) l'EV et l'environnement réel présentent des différences, soit parce que ii) l'Engagement de l'acteur pendant l'intervention et son Engagement pendant le dispositif sont différents.

Au-delà de ces deux temporalités (passé-présent) dont l'entrelacement n'est pas étonnant dans la construction d'un récit, les résultats montrent également une projection vers le futur. Quand un acteur cherche à s'orienter dans l'EV ou à (re)découvrir les lieux, il se projette aussi dans des entrées futures dans le bâtiment réacteur « *Ah ben là il y a une échelle tiens... je ne la connaissais pas, je l'utiliserai la prochaine fois ou j'aurais besoin d'accéder aux pompes GMPP* » (verbatim de P4). Si son Engagement était uniquement en lien avec son activité passée et présente, la visualisation de l'échelle par P4 n'aurait pas forcément été significative. Cependant, ce verbatim nous semble témoigner d'un Engagement de l'acteur tourné vers l'avenir, et plus spécifiquement vers les futures interventions à réaliser dans ce bâtiment réacteur.

Ainsi, l'activité de P4 reflète ce que Ricœur appelle l'« expérience fictive du temps », c'est-à-dire la « manière virtuelle d'habiter le monde que projette l'œuvre littéraire en vertu de son pouvoir d'auto-transcendance » (Ricœur, 1984, p. 296). Autrement dit, le récit permet à l'acteur un dépassement par la narration même du récit, par sa configuration lors de la mise en intrigue. La projection que rend possible la configuration du récit est intéressante, car elle ouvre vers la projection des acteurs à l'avenir. L'expérience fictive « a pour horizon un monde imaginaire » (Ricœur, 1984, p. 256) et ce monde imaginaire permet à l'acteur qui raconte son récit, mais également à d'autres personnes à qui ce récit pourrait être adressé (directement - l'interlocutrice, ou indirectement - d'autres acteurs qui pourraient visualiser la vidéo produite lors du dispositif NaRé¹⁸⁶), de construire des types qui pourraient être mobilisés, renforcés ou affaiblis pendant les situations futures de travail. Le passage de la *mimésis* II à la *mimésis* III est possible justement quand le narrataire confronte le monde du récit au monde réel. Ce basculement, ce passage à la *mimésis* III, permet ce dépassement, cette auto-transcendance que caractérise le récit (Ricœur, 1984).

Ainsi, pendant le dispositif les acteurs repensent, refont, revivent une situation passée en essayant de la rendre cohérente avec leurs connaissances, pensées et perceptions du moment passé, au regard de leurs connaissances, pensées et perceptions *hic et nunc*. Cette mise en récit est une nouvelle activité créative, basée à la fois sur le « jugement réfléchissant » (Ricœur, 1984, p. 115) qui ouvre vers de nouveaux possibles grâce à la projection des acteurs aux situations futures de travail.

¹⁸⁶ Se référer également à la section 4 pour la présentation des pistes de situations de formation à partir de la

V 5. AVANCÉES TECHNOLOGIQUES

Dans cette section, nous présentons les avancées technologiques de cette étude. Dans un premier temps nous présentons une piste technologique pour l'Observatoire du programme de recherche du cours d'action (sous-section 4.1) et dans un second temps des pistes de re-conception de situations de formation à partir du dispositif étudié (sous-section 4.2).

V 5.1 Développement des méthodes de remise en situation dynamique de l'Observatoire du programme de recherche

Nous présentons dans cette sous-section une nouvelle méthode « potentielle » de remise en situation dynamique dans le cadre de l'Observatoire du programme de recherche cours d'action : l'entretien de remise en situation à partir de traces artificielles. Sont présentés (i) la méthode proposée, (ii) la manière d'identifier des « poches » d'expression de la conscience préreflexive, (iii) les avantages et limites de cette méthode, et enfin (iv) les pistes pour une mise en œuvre « idéale » de cette méthode.

Dans le cadre de l'Observatoire du programme de recherche du cours d'action, Theureau (2009) distingue quatre classes de méthodes de remise en situation permettant la documentation de la conscience préreflexive. La première classe de méthodes rassemble les méthodes permettant de documenter « directement » la conscience préreflexive, telles que les méthodes de verbalisation simultanée, décalée et interruptive, voire les verbalisations dites naturelles (qui ne sont pas provoquées directement par le chercheur même si parfois elles lui sont adressées). La seconde classe de méthodes comprend la méthode d'autoconfrontation (Mollo & Falzon, 2004; Theureau, 1992) et ses variantes qui permettent de documenter finement la conscience préreflexive *a posteriori*. La troisième classe méthodes est constituée des méthodes de remise en situation à partir des traces matérielles laissées par l'acteur et la transformation des situations (traces écrites par l'acteur dans son agenda, brouillons de travail, échanges de mails avec des collègues, photos qu'il a pu prendre, etc.). Enfin, la quatrième classe comprend les entretiens de remise en situation à partir des traces laissées dans le corps de l'acteur (mémoire), tels que l'entretien d'explicitation de Vermersch (1994/2014).

L'analyse du cours d'expérience des acteurs au travers de cette étude nous a conduit à questionner la pertinence du dispositif NaRé en matière de remise en situation et pour produire des données sur l'activité humaine et l'histoire de la conscience préreflexive (Cahour et al., 2016; Theureau, 2010). Les acteurs alternent dans le dispositif entre des moments d'explicitation de leur expérience vécue et des moments de narration/mise en intrigue. Dans le cadre cette discussion ce sont surtout les moments d'explicitation de l'expérience passée d'intervention qui retiennent notre attention. Ces moments constituent selon nous des opportunités d'accès, bien que furtives et difficilement contrôlables, à la conscience préreflexive de l'acteur dans l'activité considérée¹⁸⁷ (ici l'activité d'intervention). Nous parlons pour notre part de « poches » de préreflexivité.

V 5.1.1 Vers une nouvelle classe de méthodes de remise en situation dynamique par des traces artificielles

Notre étude permet de faire l'hypothèse d'une autre méthode de remise en situation : l'entretien de remise en situation à partir des traces artificielles. Elle appartiendrait à une cinquième classe de méthodes, les méthodes de remise en situation dynamique par des traces artificielles. Cette méthode de remise en situation à partir de traces artificielles, consiste à proposer à l'acteur de raconter un épisode marquant, significatif, qu'il a vécu, en naviguant dans un EV représentant l'environnement authentique dans lequel il a vécu cet épisode.

La visualisation de photos sphériques peut favoriser la ré-évocation d'expériences vécues dans le bâtiment réacteur, et ce malgré les différences entre l'EV et l'environnement réel. La troisième étude montre que la ré-évocation se produit en dépit des différences, mais aussi grâce aux différences entre l'EV et l'environnement réel. En effet, nos résultats montrent que les différences entre l'environnement réel et l'EV peuvent également, sous certaines conditions, amener l'acteur à exprimer sa conscience préreflexive lors de l'activité considérée. En effet, les différences peuvent paradoxalement favoriser la ré-évocation, car elles perturbent et transforment le mode d'Engagement de l'acteur en train de raconter et naviguer : l'acteur perçoit une « différence qui fait la différence ».

Dans notre étude, nous avons identifié trois types d'écarts entre le bâtiment réacteur réel et le bâtiment réacteur virtuel qui ont amené les acteurs à expliciter ce qu'ils ont perçu, fait ou compris

¹⁸⁷ Dans cette partie qui porte sur le développement des méthodes de remise en situation dynamique, l'activité considérée fera référence à l'activité de l'acteur pendant l'intervention dans le bâtiment réacteur réel.

de la situation pendant l'intervention. L'écart peut porter sur (i) l'absence d'un élément significatif, (ii) l'apparition d'un élément significatif, ou (iii) un changement/réorganisation de l'environnement.

De manière générale, les AT se sont attardés à expliciter ces différences quand ils jugeaient que l'explicitation était pertinente pour la compréhension de leur récit. Ces dissemblances les ont conduits à expliciter certains aspects de l'environnement ou des actions réalisées qu'ils n'auraient pas forcément explicités dans d'autres conditions.

V 5.1.2 Identification des poches d'expression de la conscience préreflexive

L'analyse du cours d'expérience des AT pendant la réalisation du dispositif a permis l'identification et la distinction de moments d'expression de la conscience préreflexive des acteurs (vs des moments de narration ou de réflexion). Pour identifier ces moments d'expression de la conscience préreflexive, nous avons cherché à repérer certains marqueurs caractéristiques, inspirés notamment des travaux de Vermersch sur les indicateurs de parole incarnée (Vermersch & Maurel, 1997), tels que : i) le rythme de voix qui ralenti, ii) les silences pendant le récit, iii) la congruence du verbal et du non verbal, iv) le regard de l'acteur qui quitte son interlocuteur (ou pour notre étude qui quitte l'écran de l'EV), v) un doute par rapport à l'exactitude des éléments décrits, et vi) une faible structuration du discours narratif avec des reprises, des phrases inachevées et des hésitations. Vermersch définit la position de parole comme « la relation subjective qu'entretient le sujet avec ce à quoi il fait référence son discours au moment où il le prononce » (2019, p. 29).

En outre, comme lors des autoconfrontations, nous avons prêté une attention particulière aux moments où les acteurs mimaient leur activité (Bouchot, 2019), ce qui nous renseigne sur des actions réalisées et éléments de l'environnement perçus par l'acteur au moment de l'intervention.

Ainsi, P4 décrit de la façon suivante les actions qu'il a faites après avoir enfin localisé la quatrième vanne de sa fiche de manœuvre :

« *J'ai réussi à trouver une échelle, qui trainait dans le bâtiment réacteur... J'ai trouvé quelqu'un pour venir me sécuriser un peu l'échelle, parce que bon, en plus là c'est un escalier et tout... et puis euh... monter et une fois en haut il a fallu l'ouvrir (mime le geste d'ouverture de la vanne avec les deux mains au-dessus de tête en faisant une mimique d'effort)* » (Verbatim, P4)

Ce dernier a accompagné son récit du geste d'ouverture de la vanne qui se trouvait à trois mètres de haut et qu'il a eu beaucoup de difficultés à ouvrir. Son mime (du geste d'ouverture de la vanne) a permis alors de comprendre que malgré l'utilisation d'une échelle, il n'était pas suffisamment haut pour être à hauteur de la vanne. De plus, l'utilisation des deux mains lors du mime de l'ouverture de la vanne et la mimique d'effort ont indiqué la difficulté à ouvrir la vanne, qui plus est sur une échelle instable (celle-ci était posée sur un escalier). Au final, P4 a confirmé avoir ouvert la vanne avec les deux mains (en lâchant l'échelle et au risque de chuter), car celle-ci était difficile à ouvrir avec une seule main malgré la taille moyenne de son volant. L'acteur a précisé qu'habituellement il n'avait pourtant pas besoin de deux mains pour ouvrir une vanne avec cette taille de volant. Dans ce cas précis, il n'était pas positionné confortablement pour ouvrir la vanne et n'a pas pu l'ouvrir avec une seule main. Dans le Tableau 75, nous avons recensé certains extraits dont les verbalisations documentent les pensées, préoccupations, actions et émotions de l'acteur lors de l'intervention.

Tableau 75. Éléments langagiers révélant l'expression de la conscience préreflexive de l'acteur pendant le dispositif.

Acteur	Verbatim pendant le dispositif
P1	Je dis : « il faut qu'on aille dans le local en fait, en RE801 ».
P1	« Là, je me suis dit : « soit les mecs ont travaillé dessus et ils ont ramené la pancarte, soit la pancarte est tombée et elle est perdue ».
P2	« Ça veut dire que c'est un capteur, et là (deuxième vanne) c'était un capteur plus gros du coup je me suis dit c'est quoi ? »
P4	« Et puis une fois que je l'ai trouvée, je me dis, mais comment j'y vais ? » (La vanne étant en hauteur était inaccessible)

Dans la Figure 99, on peut voir P2 interrompre sa navigation et essayer de se souvenir de l'état d'une vanne rencontré lors de son cheminement dans le bâtiment réacteur. Lors de ce court instant, qui a duré sept secondes, ce dernier ne regardait plus l'écran. Il avait légèrement soulevé sa main de la souris et interrompu la mise en intrigue dynamique de son récit. Le « décrochage du regard » révèle une position de parole incarnée durant laquelle l'acteur est en train de la re-vivre la situation passée par « re-présentification » (Vermersch & Maurel, 1997), en cherchant à faire réémerger des éléments sensoriels comme des images, des sons, des odeurs et d'autres ressentis corporels (Faingold, 1998).



Figure 99. P2 interrompt sa navigation pour se souvenir de l'état d'une vanne rencontré lors de son cheminement.

De plus, ses hésitations et la prudence qu'il exprime indiquent que l'acteur n'est pas en train d'inventer ce qu'il s'est passé, mais qu'il cherche à revivre et à expliciter le plus fidèlement possible et avec le plus de détails possible son expérience et sa situation. Moins le discours de l'acteur est fluide et articulé, plus il y a de chances que l'acteur soit en position de parole incarnée (Petitmengin et al., 2013). C'est pourquoi il convient de prêter une attention particulière aux moments où les acteurs expriment des hésitations concernant leurs souvenirs. Comme cela a déjà été abordé, certaines hésitations ont pu être clarifiées par la visualisation des lieux dans l'EV, d'autres étaient en lien avec l'organisation ou la fiche de manœuvre, et pour ceux-là les acteurs n'ont pas su se positionner avec certitude.

Un autre élément notable concernant l'expression de la conscience préreflexive concerne le maintien du suspens. Trois des quatre participants ont tenté de maintenir le suspens, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas évoqué la fin de l'épisode, la résolution de leur difficulté, ou les connaissances construites après coup, avant le dénouement de leur récit. À titre d'exemple, lors de son récit, P1 a dévoilé progressivement les informations qui avaient participé au dénouement de son enquête et sur le positionnement de la vanne. Pendant qu'il naviguait dans le local dans lequel se trouvait la vanne « cachée » tout en disant que son collègue et lui cherchaient partout, l'interlocutrice lui a demandé quels étaient les indices auxquels ils avaient prêté attention. Il a répondu :

« C'est ce genre de petite tuyauterie comme ça (en zoomant sur une petite tuyauterie), parce que c'est le genre de petite tuyauterie qu'on a pour l'air, donc on cherche des tuyauteries qui peuvent correspondre » (Verbatim P1).

La tuyauterie utilisée pour exemplifier son propos était en l'occurrence la tuyauterie de la vanne cachée. À ce moment-là, P1, qui connaissait l'emplacement de la petite vanne, a fait le choix de ne pas dévoiler cette information pour donner à voir de manière indirecte l'histoire de sa conscience pré-réflexive au moment de l'intervention.

Cet exemple apparaît comme l'expression d'une sorte de « mise en scène » de la conscience pré-réflexive. L'AT a instauré les conditions favorables pour montrer, mimer, commenter son cours d'expérience par l'utilisation de l'EV, qui lui a permis d'explicitier son expérience de manière dynamique et selon ce qui faisait sens pour lui. Plusieurs poches de conscience pré-réflexive émergent dans l'activité narrative des participants du dispositif NaRé. Il faut cependant préciser que ces poches ne sont pas prédominantes, mais au contraire s'imbriquent dans des moments de narration, de réflexivité, ou d'expression de la conscience pré-réflexive relative non pas à l'intervention, mais au cours d'expérience lors du dispositif lui-même.

V 5.1.3 Avantages et limites de cette méthode de remise en situation

Parmi les avantages de cette méthode, nous retiendrons en premier lieu le caractère participatif et actif de cette mise en situation avec l'acteur qui choisit et construit son récit et les traces de celui-ci, à partir de ce qui a été pertinent pour lui pendant l'intervention. Le fait de manipuler l'EV lui permet de rendre compte, de spécifier, de montrer tout élément qui favoriserait la compréhension de son récit par son interlocuteur. Il reconstruit l'*intrigue* (Ricoeur, 1984) de son intervention telle que vécue, ou en s'appuyant sur son vécu. L'acteur n'est pas assujéti à une vidéo (et à son écoulement temporel) ou à une autre forme de traces de l'activité. Il peut par exemple naviguer dans tout le bâtiment pour montrer des éléments qui peuvent être significatifs pour l'intervention, mais qui n'auraient pas figuré sur un enregistrement vidéo. Il peut également définir lui-même la temporalité qui est pertinente pour rendre compte de son expérience vécue, les moments sur lesquels il va insister et qu'il va décrire plus en détail, contrairement à d'autres qui n'ont pas été significatifs et qu'il n'évoquera pas de manière détaillée. En plus, le chercheur n'est pas contraint par le choix du cadrage vidéo, question toujours cruciale en amont d'une observation. Enfin, la visualisation de ressemblances ou des différences entre l'EV et l'environnement réel (concernant des éléments qui sont significatifs pour l'acteur) favorise la ré-évoation de souvenirs. Contrairement à l'entretien à partir de traces laissées dans le corps (mémoire), l'acteur et le chercheur partagent le visuel de l'EV. Ainsi, l'acteur n'a pas besoin d'expliquer et de décrire

certaines éléments, qui deviennent directement compréhensibles par la simple visualisation des lieux. Il peut alors se focaliser sur l'explicitation de ses actions, les éléments auxquels il a été attentif, ses émotions, ses pensées pendant qu'il traversait tel endroit, etc.

La méthode de remise en situation à partir de traces artificielles présente néanmoins certaines limites par rapport à d'autres méthodes de construction de données sur la conscience préreflexive de l'acteur. Nous présentons ici les principales, que nous avons identifiées lors de l'expérimentation NaRé. Une première limite de cette méthode est que l'analyste n'a pas de données sur le comportement de l'acteur, ni sur la temporalité « réelle » de l'activité étudiée, pas plus que sur les interactions entre l'acteur et ses collègues (ou tout autre élément contextuel qui aurait pu être observé). Il a donc moins d'ancrages pour ses relances pendant l'entretien (et pour aider la remise en situation), mais aussi pour évaluer la plausibilité des verbalisations. Le récit peut avoir un fort ancrage dans la visualisation des lieux et court le risque de devenir une simple description d'un cheminement (« je suis passé par là, puis je suis arrivé ici pour continuer vers le fond de ce local... ») plutôt qu'une description du cours d'expérience du participant au niveau où elle donne lieu à conscience préreflexive (« en arrivant dans ce local j'ai fait..., mon attention a été attirée par cette vanne qui devait être consignée, je me suis dit que... »). Ensuite, l'activité durant ce type d'entretien de remise en situation est fortement adressée. Même si toute méthode de remise en situation reste une situation d'interlocution (avec une forme d'adressage), nous avons constaté que cela était renforcé par cette méthode dans la mesure où l'acteur ne doit pas se contenter de commenter son activité qu'il visualise sur un support (souvent vidéo), mais doit aussi construire l'intrigue du récit en agençant les différents éléments (choix des photos, déplacements dans l'EV, discours narratif ...). Il y a par ailleurs un risque d'affabulation involontaire de la part des acteurs soit en raison du fait qu'ils ne se souviennent pas de certains éléments ou parce que les écarts entre l'EV et l'environnement réel l'induisent en erreur ou produisent une nouvelle expérience. Pendant cette sélection des éléments, faite a posteriori, l'acteur peut sélectionner dans l'EV des éléments qui n'étaient pas forcément significatifs pour lui, mais qui le deviennent sous le nouveau « regard » permis par l'EV. Pour finir, les éléments abordés lors du récit sont entièrement sélectionnés par l'acteur lui-même. Ainsi, il n'est pas possible pour le chercheur de cibler des aspects spécifiques ou des moments spécifiques de l'intervention sur lesquels il souhaiterait approfondir (e.g., dans le cas d'une analyse de l'activité collective).

V 5.1.4 Pistes pour une mise en œuvre « idéale » de cette méthode

Un certain nombre de conditions sont à respecter pour favoriser la remise en situation des acteurs et permettre une explicitation de leur cours d'expérience diminuant l'affabulation involontaire, surtout pour une mise en place de la méthode de remise en situation dynamique sur traces artificielles dans une perspective de recherche (et non de formation comme dans notre cas). Une première piste consisterait à encourager des mimes et des gestes corporels pendant le récit. Ceci permettrait d'avoir accès à des éléments du comportement de l'acteur normalement inaccessibles puisqu'il n'y a pas d'enregistrement vidéo de son activité. Les consignes et questions pourraient être : « N'hésite pas à mimer des gestes qui sont de ton point de vue important pour le déroulement de l'épisode marquant ou qui reflètent ton activité pendant cette intervention et non pas ton activité en général », « Ici, comment tu as fait pour ouvrir cette vanne ? », « Comment est-ce que tu as fait pour passer par ce local ? », « Tu tenais autre chose quand tu as dû emprunter cette crinoline ? ». Et de manière plus générale d'autres questions peuvent être : « Qu'est-ce que tu cherchais dans cet endroit ? » « Quels ont été les indices qui ont guidé ta recherche ? » « À quoi est-ce que tu étais attentif à ce moment-là ? », « À quoi tu pensais ? », etc.

Tout récit est adressé à un interlocuteur, mais cet adressage peut engendrer des explications d'éléments techniques ou contextuels qui ne sont pas directement liés à l'expérience vécue de l'acteur. Afin de minimiser cet effet d'adressage, le chercheur peut demander à l'acteur de raconter son récit comme s'il s'adressait à un pair. Si le chercheur n'est pas familier avec le domaine technique dont il est question, il peut être intéressant de conduire l'entretien de remise en situation sur des traces artificielles en étant accompagné d'un professionnel du métier formé aux méthodes de remise en situation, qui, en « vivant » la situation par le récit de son collègue, pourrait le relancer sur des éléments intéressants de la situation (Saury et al., 2013). Les questions ainsi plus précises favoriseraient des réponses et un récit plus détaillé et plus situé. L'acteur pourra partager ses perceptions et interprétations lors de la phase d'intervention plus finement puisqu'il s'adressera à quelqu'un qui pourra mieux comprendre certains aspects techniques. Cette implication d'une tierce personne pourrait néanmoins avoir d'autres effets sur le récit de l'acteur, et demande d'être expérimentée, comme cela est le cas dans certaines études qui mobilisent l'autoconfrontation (Durand et al., 2020). La connaissance du terrain est importante pour l'ensemble des méthodes de remise en situation, mais elle nous semble tout particulièrement importante pour la remise en

situation à partir de traces artificielles où i) l'acteur n'a pas de traces de son comportement, et ii) le chercheur n'a pas observé la situation pour alimenter ses questions et relances.

Concernant les outils technologiques utilisés pendant la navigation dans l'EV, il nous semble important que l'acteur et le chercheur puissent partager la même vision de l'espace et que le participant puisse montrer des choses de l'EV, mais aussi des mimes et gestes dans l'environnement réel. Des outils de réalité augmentée ou de réalité mixte nous paraissent adéquats, car ils n'isolent pas l'acteur de son environnement réel.

Comme le souligne Theureau (2015), le développement de l'Observatoire du programme de recherche du cours d'action est en relation étroite, voire organique, avec le développement technique concernant l'enregistrement de données sur l'activité humaine, les possibilités des simulations de situations, et de conception de nouvelles situations. L'auteur souligne que cette relation pourrait également amener au développement des « procédures d'expression de la conscience préreflexive, elles-mêmes susceptibles de développement » (Theureau, 2015, p. 58). Il nous semble intéressant d'inscrire des études sur cette méthode de mise en situation sur la base de traces virtuelles à l'agenda du programme de recherche technologique sur l'Observatoire et l'atelier méthodologique du cours d'action. Aujourd'hui une variété d'outils techniques tels que les outils de réalité virtuelle ou encore les vidéos 360° (e.g., Roche & Gal-Petitfaux, 2017; Roche & Rolland, 2020) sont à étudier et à mettre à l'épreuve. Des études empiriques supplémentaires sont nécessaires afin de documenter et valider cette méthode. Ce n'est qu'à l'issue de ces études, et d'une mise à l'épreuve de l'empirie, que la méthode de remise en situation sur la base de traces artificielles pourra être considérée comme une méthodologie du noyau dur du programme de recherche du cours d'action.

V 5.2 Pistes de conception de situations de formation à partir du dispositif NaRé

Cette section présente des pistes pour la conception de nouvelles situations de formation dérivées du dispositif NaRé. Ces pistes de conception sont selon nous favorables à l'apprentissage/développement des AT, qu'ils soient en période de formation initiale, récemment habilités, primo-intervenants ou expérimentés. Les propositions de conception citées dans cette section portent sur la transformation du dispositif NaRé, l'utilisation du dispositif NaRé ou des « bibliothèques des épisodes marquants » en formation initiale et l'utilisation du dispositif NaRé ou des « bibliothèques des épisodes marquants » en situation de travail.

Les « bibliothèques des épisodes marquants » sont l'ensemble des vidéos produites lors du dispositif NaRé, composées de l'enregistrement vidéo de l'écran de l'EV commenté par des récits du locuteur¹⁸⁸. Ces vidéos rendent visibles les lieux considérés, accompagnés des descriptions de l'intervention du participant au dispositif. Des extraits de ces vidéos, choisis pour leur typicité ou leur criticité, sont de notre point de vue utilisables comme ressources pour l'apprentissage/développement des AT.

V 5.2.1 Dispositif NaRé : faire du retour d'expérience autrement ?

Plus globalement, le potentiel de ré-évoquant d'événements vécus dans le dispositif NaRé pourrait inciter à conduire une réflexion de fond sur les dispositifs de retour d'expérience (REX ou RETEX¹⁸⁹) et des enjeux qui en découlent pour l'entreprise. En effet, le REX est considéré comme un levier important pour que l'entreprise apprenne du passé (cf NOS FH¹⁹⁰). Pour Van Wassenhove et Garbolino (2008), le retour d'expérience est « un processus dynamique de collecte, d'analyse, de stockage et d'exploitation d'informations relatives à des situations pouvant altérer la sécurité d'un système. Le REX consiste le plus souvent en une étude analytique causale des différents facteurs impliqués dans la genèse des incidents ou accidents » (p. 23). Au sein du groupe Facteurs Organisationnels et Humains de la R&D d'EDF, les chercheurs s'interrogent sur la façon de « faire

¹⁸⁸ La vidéo ne contient pas l'enregistrement vidéo du participant, sauf dans certains cas exceptionnels où les mimes du participant pourraient être pertinents pour la compréhension de son récit, auquel cas un montage vidéo aura permis de fusionner la vidéo de l'écran de VVProPrepa et la vidéo de l'acteur.

¹⁸⁹ Les deux acronymes sont utilisés dans la littérature, par la suite nous utiliserons la nomination employée au sein de l'entreprise (REX).

¹⁹⁰NOS FOH : Note d'orientation stratégique en Facteurs Organisationnels et Humain. Pour plus de détails, voir chapitre 1 section 3.

du REX autrement » pour tendre vers une « organisation apprenante » (Argyris & Schön, 2002). En d'autres termes, les questions posées sont comment capitaliser sur ce qui est fait, comment rendre les dispositifs de REX plus apprenants et comment faire des dispositifs de capitalisation du REX de véritables ressources pour l'action des intervenants (Bringaud et al., 2014, 2016, 2017; Casse & Caroly, 2017; Mbaye et al., 2014). Dans cette optique, et en référence aux travaux en matière de l'ingénierie de la résilience (Casse & Caroly, 2016), les dispositifs de REX évoluent en s'intéressant également à « ce qui va bien, aux bonnes pratiques mises en œuvre par les opérationnels » (Stoessel, 2016, p. 43). Concrètement, deux types de retours d'expérience sont à distinguer, entre (i) un processus, évaluatif et normatif requis par l'institution (nommé REX), et (ii) des dispositifs plus informels visant de manière plus générale l'apprentissage organisationnel (Argyris & Schön, 2002) incluant la prise en compte des gestes socio-professionnels (Bringaud et al., 2016).

Questionner la façon de réaliser et de partager le REX implique également de se questionner sur le recours aux nouvelles technologies et plus spécifiquement des EV de visualisation des installations. À ce titre, le dispositif NaRé pourrait i) contribuer à l'enrichissement des bases de données du REX (sous forme de vidéo), ii) être une aide à l'analyse d'événement par les acteurs et permettre d'ancrer cette analyse sur une description préalable de l'expérience vécue (positive ou négative), et iii) faciliter sa diffusion et son appropriation par d'autres acteurs.

Une piste concerne l'enrichissement des REX en demandant à l'intervenant d'utiliser l'outil de visualisation de l'installation (l'outil VVProPrepa pour le bâtiment réacteur) pour expliciter l'intervention telle que vécue. Dans un deuxième temps, l'intervenant pourrait, accompagné d'un pair, porter un regard réflexif sur l'incident, afin de se rendre compte de ce qui aurait pu être fait autrement, des éléments du contexte qui ont participé à cet événement, et des enseignements qui peuvent en être tirés. Un tel dispositif ne peut fonctionner qu'avec des acteurs volontaires, en dehors de toutes visées évaluatives, et avec une importante relation de confiance entre pairs. Ce type de dispositif permettrait également d'approfondir les analyses d'événements en prenant en compte non seulement le contexte, mais également l'expérience vécue par les intervenants. La manipulation de l'EV permet de rendre compte de l'environnement, des organes à proximité, de l'emplacement exact de l'organe et de l'endroit où l'incident a eu lieu. Le récit de l'intervenant et

l'analyse qu'il peut en faire permettent pour leur part de mieux rendre compte le « vécu réel » de cette intervention.

V 5.2.2 Instauration des espaces/temps de débat collectif

L'analyse du cours d'expérience lors de la première session du dispositif NaRé a permis d'identifier certaines pistes de reconception et d'amélioration du dispositif, comme l'utilisation de ce dispositif pour instaurer des espaces/temps de débat sur le travail. Plusieurs études mobilisant la méthode des incidents critiques mettent en œuvre des espaces de débat collectif autour des événements vécus par les participants. La constitution des collectifs peut se faire de manière plus au moins encadrée, que ce soit en présentiel (Leclerc et al., 2010) ou à distance (Ortoleva & Bétrancourt, 2017). La confrontation des points de vue permet de mettre en lumière les stratégies mises en œuvre, d'échanger sur les pratiques de travail, les difficultés, mais les habitudes et pratiques légitimes (Casse & Caroly, 2017; Leclerc et al., 2010; Mollo & Nascimento, 2013). Sur la base de ces études, il apparaît pertinent d'expérimenter le dispositif NaRé en proposant un espace-temps permettant le débat entre pairs. Leclerc et al. (2010) soulignent cependant l'importance d'instaurer préalablement une relation de confiance entre les membres du groupe d'analyse. Cette mise en place d'un espace/temps de débat autour des épisodes marquants évoqués durant le dispositif NaRé pourrait donner lieu à une troisième étape, qui pourrait s'appuyer sur le modèle de l'entretien d'autoconfrontation croisée (Clot et al., 2000). Le dispositif NaRé permettrait ainsi le débat collectif autour de situations de travail qui ne sont pas observables et pour autant indispensables à partager dans la perspective d'élaboration d'une culture commune entre les AT. Les cheminements, les stratégies de recherche et d'exploration, la préparation en amont de l'intervention, les connaissances mobilisées et les pratiques de travail de manière générale pourraient ainsi y être débattus.

V 5.2.3 Enrichir l'animation de la journée d'équipe avant les arrêts de tranche

Une autre piste de développement pour les « bibliothèques des épisodes marquants » résiderait dans son utilisation durant la « journée d'équipe » planifiée avant chaque arrêt de tranche. Concrètement, avant tout arrêt de tranche, chaque équipe de conduite participe à une journée de préparation des manœuvres d'exploitation prévues d'après le planning de l'arrêt. Cette journée est souvent animée par un formateur (ancien agent de la conduite) et permet aux membres de l'équipe de partager autour des manœuvres d'exploitation à réaliser pendant l'arrêt de tranche. Le temps

d'échange collectif prévu lors de cette journée pourrait avoir comme ancrage « des traces virtuellement fabriquées » permettant de restituer l'expérience vécue par des AT expérimentés ou primo-intervenants ayant déjà eu à réaliser ces manœuvres. Ceci permettrait non seulement de visualiser précisément les lieux d'intervention, mais aussi de débattre du « réel » des manœuvres, et des difficultés rencontrées. L'introduction d'un tel dispositif lors des journées d'équipe présenterait également un avantage en matière de compréhension et de travail interprofessionnel.

V 5.2.4 Renouveler la scénarisation des Scénarios-enquête à partir des épisodes marquants

À l'issue de cette étude sur le dispositif NaRé, il apparaît que ce dispositif serait pertinent pour alimenter les Scénarios-enquête. En effet, les formateurs-concepteurs pourraient s'appuyer sur les épisodes marquants pour la scénarisation du dispositif de formation Scénario-enquête. Actuellement, le dispositif est basé sur une intervention dans le bâtiment réacteur en puissance vécue par le formateur. Concevoir des scénarios basés sur des épisodes marquants vécus et narrés par les AT récemment habilités ou en formation initiale permettrait de mettre en place une véritable pédagogie des trajectoires professionnelles. La conception aurait alors pour objet de proposer un enchaînement de Scénarios-enquêtes, basés sur des épisodes marquants, et visant à accompagner les trajectoires des AT jalonnées par des « nœuds » à dépasser au cours de leur développement professionnel. Ainsi les AT en formation pourraient se « confronter » aux difficultés, doutes, stratégies de recherche des AT récemment habilités avant même d'être habilités.

SYNTHÈSE DE LA TROISIÈME ÉTUDE (NARE)

Le chapitre 5 présente la troisième étude portant sur l'analyse du cours d'expérience des agents de terrain récemment habilités lors du dispositif NaRé conçu pour accompagner les premières interventions dans le bâtiment réacteur. Concrètement, il s'agit d'inviter les acteurs à raconter une de leurs interventions, considérée par eux comme marquante. L'EV sert alors de support aux agents de terrain pour montrer/raconter/expliciter l'épisode marquant à leur interlocuteur. Cette narration est ensuite complétée par une activité réflexive sur l'intervention passée, ainsi que sur les interventions à venir. Trois éléments ont guidé la conception du dispositif NaRé : la littérature existante sur le storytelling, la méthode des incidents critiques, et les résultats issus des premières études. La démarche adoptée dans le cadre de cette étude est celle du *proof of concept* permettant l'expérimentation d'un dispositif dans une temporalité courte. Une analyse « simplifiée » du cours d'expérience des participants a été réalisée à partir de données d'observations filmées et des verbalisations constitutives au dispositif (narration de l'épisode marquant par le participant et relances par la chercheuse) selon une démarche « compréhensive méthodique ».

Les résultats ont permis de caractériser le cours d'expérience des acteurs pendant le dispositif, notamment une articulation fine entre la façon de naviguer dans l'EV et la construction du récit. Les acteurs se sont trouvés dans une dynamique d'imagination et de construction en temps réel de leur récit et de la façon dont ils naviguent dans l'EV. Cette multiple intentionnalité a fait émerger chez les participants une nouvelle expérience de « mise en intrigue dynamique ».

La discussion met en lien l'expérience de mise en intrigue dynamique et la notion de triple temporalité de Ricoeur, ainsi que le rôle de cette expérience au regard de la construction de nouvelles connaissances.

Les perspectives technologiques se concrétisent par une proposition méthodologique pour l'Observatoire du programme de recherche du cours d'action, celle de l'entretien de remise en situation à partir de traces artificielles puis des propositions de conception de situations de formation à partir du dispositif NaRé ou exploitant secondairement les vidéos produites lors du dispositif. Ces pistes visent (i) l'instauration d'espaces/temps de débat collectif, (ii) la réalisation de nouvelles formes et modalités de REX, (iii) l'enrichissement de l'animation de la journée d'équipe avant l'arrêt de tranche et (iv) la scénarisation des consignes du dispositif Scénario-enquête à partir des épisodes marquants.

PARTIE C

CONTRIBUTION AU PROGRAMME
DE RECHERCHE

CHAPITRE VI Discussion générale

CHAPITRE VI

DISCUSSION GÉNÉRALE

Nous avons présenté les résultats de chacune des trois études dans la partie précédente avec une discussion intermédiaire à la fin de chaque chapitre. Les résultats empiriques ont fait l'objet d'une discussion dans chacune de ces discussions intermédiaires. Ce chapitre de discussion porte spécifiquement sur le volet technologique de notre recherche. Sont présentés (i) trois principes de conception de situations de formation mobilisant des EV de réalité virtuelle, (ii) des nouvelles méthodes pouvant être accouplées à la démarche d'ergonomie des situations de formation, ainsi que (iii) les limites et perspectives de cette recherche.

CONTRIBUTION AU PROGRAMME DE RECHERCHE TECHNOLOGIQUE EN FORMATION DES ADULTES

Après avoir proposé des discussions intermédiaires pour chacun des chapitres empiriques, cette discussion générale porte spécifiquement sur le volet technologique de notre recherche. Cette recherche s'inscrit dans et vise à contribuer au programme de recherche technologique du cours d'action en formation des adultes (Durand, 2008; Poizat et al., 2016; Poizat & Flandin, sous presse), qui articule de manière organique des visées épistémiques et transformatives. Affirmer que les programmes de recherche empirique et technologique du cours d'action sont organiquement liés (Theureau, 2009), c'est considérer qu'ils « sont en lien de cohérence logique et fonctionnelle, et se fécondent mutuellement tout en étant dotés d'une autonomie relative » (Durand, 2008, p. 98). La conception de situations de formation (et des artefacts associés) prend appui sur les résultats empiriques relatifs à l'activité humaine et à sa transformation. Aussi, les activités de conception articulent des hypothèses ontologiques, des hypothèses non-triviales basées sur les résultats empiriques de recherches précédentes (conduites dans le programme, mais aussi dans d'autres programmes de recherche), sur une analyse de l'activité au cours d'un processus de conception, mais aussi sur l'invention des concepteurs ou du groupe de conception élargi.

Dans un premier temps, nous tenterons de préciser les différents principes de conception de situations de formation avec des EV par extension de notre travail sur un *desktop virtual environment*. Dans un deuxième temps, nous discuterons des points de convergence, divergence, et des formes de complémentarités possibles entre une démarche d'ergonomie des situations de formation (de tradition francophone) et les démarches *design-based research* développées dans le champ des *Learning Sciences* (A. L. Brown, 1992; Design-Based Research Collective, 2003; Sandoval & Bell, 2004). Enfin, nous présenterons certaines limites et perspectives associées à cette recherche technologique ainsi que les propositions de re-conception de l'EV (VVProPrepa) en tant qu'EVAH.

VI 1. PRINCIPES DE CONCEPTION DE SITUATIONS DE FORMATION AVEC DES ENVIRONNEMENTS VIRTUELS POUR LA FORMATION

Dans cette section, nous présenterons quatre principes de conception de situations de formation qui, d’après les résultats empiriques de nos recherches, sont propices en termes d’opportunité d’apprentissage/développement et de transformation potentielle de l’activité des acteurs (formés et primo-intervenants). Ces principes sont (i) l’extension de la sémiose et l’encouragement d’enquêtes abductives (« comment apprendre au-delà du connu ? »), (ii) l’aide à la réflexivité augmentée par la mise en intrigue dynamique, (iii) l’encouragement de l’expérience mimétique et (iv) la confrontation aux dimensions typiques et critiques de l’activité future, à l’aide de la typicalisation/typification. Ces principes de conception s’ancrent dans les hypothèses théoriques du programme de recherche que sont l’expérience et l’enaction, mais également sur les résultats empiriques issus de notre recherche. Ils s’appuient également pour partie sur les résultats d’autres recherches portant sur la vidéoformation (Flandin, Leblanc, et al., 2017; Leblanc, 2012, 2014a), la simulation (Horcik & Durand, 2011), les exercices de gestion de crise (Flandin et al., 2018; Flandin, Poizat, et al., 2017) et un dispositif de formation développementale à médiation artistique nommé le Théâtre du Vécu¹⁹¹ (Salini & Durand, 2016; Salini & Poizat, 2021).

Les principes de conception détaillés ici cherchent à proposer de nouvelles pistes de conception de situations de formation intégrant des *desktop-virtual environments*, tels que celui étudié dans cette recherche, tout en prenant en compte la situation de formation dans son ensemble, l’expérience vécue et l’activité des formés et formateurs en situation de formation ainsi que la sémiose et dynamique de constructions de nouvelles significations.

VI 1.1 Principe d’extension de la sémiose – encouragement des enquêtes abductives

Le premier principe de conception est celui de l’extension de la sémiose et l’encouragement des enquêtes abductives. Comme présenté dans le chapitre 4, l’abduction est la modalité d’inférence

¹⁹¹ Théâtre du Vécu : dispositif de formation développementale à médiation artistique qui vise à relancer la trajectoire de vie des participants à partir de la mise en récit, puis de la mise en scène, de leurs propres vécus (Salini & Durand, 2016 ; Salini & Poizat, 2020).

qui permet majoritairement la construction de nouveauté, l'invention et l'innovation, en s'appuyant sur des types du Référentiel déjà acquis.

Lors de la conception de dispositifs de formation, l'aide au développement de modalités de raisonnement par abduction pour favoriser l'apprentissage est souvent négligée, au profit de modalités de raisonnement par induction et par déduction qui prédominent dans la pensée « traditionnelle » de l'enseignement (Cunningham et al., 2005; Flandin et al., 2020). Ainsi, les formateurs expliquent les règles et savoirs théoriques aux formés qui sont censés les mettre en application à travers divers exercices et résolutions de problèmes. À l'inverse, dans une démarche de conception d'aides visant à encourager l'abduction, les formés sont incités à observer et identifier des éléments étonnants et à les interpréter, ce qui encourage la formulation d'hypothèses explicatives et le développement d'une réflexivité située (Ahmed & Parsons, 2013; Hwang et al., 2019; Oh, 2011).

Nos résultats montrent qu'à travers la navigation scénarisée par les consignes, le dispositif Scénario-enquête favorise l'émergence d'enquêtes à dominante abductive. Les acteurs s'engagent dans des raisonnements abductifs principalement lorsqu'ils se retrouvent dans des situations d'incompréhension, de surprise et d'étonnement. Dans notre deuxième étude, cette incompréhension était souvent le résultat soit d'un manque de connaissances, d'habitudes situées, ou de types permettant de progresser dans l'enquête, soit d'une mobilisation trop importante de types qui spécifiaient trop l'objet de l'enquête.

À titre d'exemple, dans la recherche de la traversée FGH¹⁹², Q a déduit en s'appuyant sur des types acquis un ensemble de types provisoires, spécifiques à la recherche de la traversée FGH. La mobilisation de ces types l'a conduit à exclure de sa recherche toutes les traversées n'étant pas vertes, n'ayant pas un grand diamètre, n'étant pas situées contre le mur de l'enceinte et n'étant pas dans les deux locaux indiqués par le moteur de recherche. Cependant, sa recherche n'a pas été fructueuse et il s'est retrouvé dans une situation d'incompréhension dans l'impossibilité (provisoire) d'avancer dans son enquête.

Cette impossibilité d'avancer dans son enquête peut être traduite, dans une moindre mesure, par le vécu d'« impasse » (Salini & Durand, 2020; Salini & Poizat, 2021). Le vécu d'impasse porte sur

¹⁹² Voir chapitre 4, section 3.4 p.255.

« le repli de la dynamique de signification, l'impossibilité d'aller de l'avant, le sentiment de souffrance, le repli sur soi-même, et l'impossibilité d'aboutir à une généralisation viable par rapport à l'événement perturbateur » (Salini & Poizat, 2021, p. 13). Ce vécu d'impasse ou de sidération dans une situation qui ne fait pas sens a été documenté dans des situations visant le développement des acteurs, comme le Théâtre du Vécu (Salini & Durand, 2016) et les exercices de gestion de crise (Flandin et al., 2018, 2021). Les études citées exemplifient deux dimensions présentes dans les deux situations. La première est celle de l'extension de l'entendement ou « domaine cognitif expérientiel » (Maturana & Varela, 1994), décrite comme une augmentation des significations possibles dans le monde propre de l'acteur à partir des inférences abductives (Flandin et al., 2021). La seconde dimension, qui encourage également les inférences abductives, est celle de la « capacité négative » (Bion, 1991). Cette dernière traduit la capacité à rester dans une situation d'incertitude, tout en tolérant le fait de ne pas connaître les sources de cette étrangeté ou de cet inconfort ressenti. Elle est considérée comme une capacité négative, au sens où cette impuissance à comprendre la situation suscite une inventivité et conception de nouveauté par abduction.

Ces deux dimensions, présentes également dans notre recherche, pourraient être complétées par une troisième qui rendrait compte, non pas de l'absence de type et de signification, mais de « l'invalidation » de certains types. Ce principe, d'« encouragement/permission des invalidations », nous semble également pertinent pour la conception de situations de formation, car il prépare les acteurs aux éventuelles situations d'incompréhension ou de blocage qu'ils pourraient être susceptibles de rencontrer dans leur futur métier. Cette permission des invalidations peut être rapprochée de ce que Muller et al. (sous presse) décrivent comme « mettre des cailloux dans les chaussures d'un marcheur pour modifier sa manière de marcher ». Pour les auteurs, la formation peut viser la transformation du couplage de l'acteur avec son environnement par l'utilisation de prothèses qui déstabilisent/perturbent l'acteur.

Les abductions observées se sont accompagnées de tourbillons de doute, parfois d'une invalidation de types, mais également d'un recours à l'imagination permettant de tisser des « analogies aventureuses » (Theureau, 2015). Pour concevoir des dispositifs qui encouragent les abductions, il est important de viser la conception d'enquêtes, au sens pragmatique du terme, qui demandent aux formés de mettre en relation des types déjà acquis et des types hypothétiques créés pendant l'activité d'enquête. En ce sens, le rôle de l'imagination est également central dans la production

d'abductions, puisqu'elle permet de mettre en lien des « analogies aventureuses », c'est-à-dire les éléments que l'acteur n'aurait pas rapprochés s'il ne s'était pas retrouvé dans une incompréhension ou « impasse » (Salini & Durand, 2016).

VI 1.2 Principe de réflexivité augmentée par une mise en intrigue dynamique

Le deuxième principe de conception est celui d'« aide à la réflexivité augmentée » (Poizat & Durand, 2017; Salini & Durand, sous presse). Cette notion de réflexivité augmentée n'est pas encore complètement stabilisée et demande encore à être documentée empiriquement. Elle permet cependant de réinvestir à nouveaux frais la problématique de la réflexivité et de l'apprentissage expérientiel. Le caractère « augmenté » renvoie ici à différentes dimensions que nous allons essayer de préciser. Selon notre compréhension, concevoir des aides à la réflexivité augmentée implique : (i) de convoquer et de s'appuyer sur l'expérience préreflexive des formés au point qu'il serait plus juste de parler de préreflexivité augmentée ; (ii) de promouvoir une double réflexivité praxique et critique.

Concevoir une situation d'aide à la réflexivité augmentée signifie concevoir une situation permettant de « convoquer » l'expérience préreflexive ayant accompagnée des situations passées identiques ou analogues, mais implique également de considérer que toute pratique ou activité réflexive s'accompagne en réalité elle-même d'une conscience préreflexive qu'il convient de prendre en compte, de mobiliser, de convoquer et de déployer dans un mouvement d'expansion. Par ailleurs, concevoir une situation d'aide à la réflexivité augmentée consiste à articuler la double dimension praxique et critique de la réflexivité. La dimension praxique fait référence à la réflexivité portée sur sa propre activité. La dimension critique cherche à dépasser l'activité à un moment donné pour porter sur des objets tels que des normes et règles.

Notre recherche montre à quelles conditions l'EV peut devenir une aide à la réflexivité augmentée et souligne l'intérêt de la narration et de la mise en intrigue dans ce processus de réflexivité augmentée. Ainsi, le dispositif NaRé et plus spécifiquement sa première étape, encadre l'expression de la conscience préreflexive tandis que sa seconde étape favorise une réflexivité qui est d'autant plus « augmentée » qu'il y a eu l'expression de la conscience préreflexive qui a précédé.

Lors de la mise en intrigue dynamique, l'acteur (re)construit son expérience vécue à partir d'une « synthèse de l'hétérogène », synthèse de différentes temporalités (passé-présent-futur)¹⁹³ et de différentes intentionnalités (rendre compte, construire une intrigue tout en cherchant à se remémorer de ce qui a été vécu). Le principe de réflexivité augmentée encourage les acteurs à adopter une approche critique de l'épisode vécu/raconté, à prendre du recul, à redécouvrir les lieux, les possibilités d'action et les causes de leurs difficultés à réaliser l'intervention. Il s'agit également d'un espace/temps qui permet de découvrir et d'inventer de nouvelles façons d'agir à l'avenir. Le détournement de certains outils pour les utiliser autrement sur le terrain en constitue un exemple. Ainsi, lors du dispositif NaRé, P2¹⁹⁴ dit que pour intervenir dans le bâtiment réacteur il est utile d'avoir les plans 2D de l'EV qui illustrent l'endroit où se trouvent les différentes échelles, crinolines et autres lieux de passage de chaque étage, afin de compléter les schémas mécaniques qui représentent une vision par circuit. L'adressage de la mise en intrigue, observé lors de la seconde étape du dispositif, favorise également la réflexivité des acteurs concernant leur intervention. Cherchant à rendre compte de leur activité, ils synthétisent certains aspects de leur vécu et choisissent de s'étendre plus sur d'autres, plus pertinents pour la compréhension du déroulement de l'intrigue par leur interlocuteur. Enfin, la réflexivité augmentée peut être encouragée par la reprise de chaînes interprétatives lors de la poursuite d'enquêtes déjà amorcées lors de l'épisode vécu, par exemple dans le cas de P3¹⁹⁵. Après avoir raconté l'épisode vécu et en utilisant l'EV, il a poursuivi son enquête portant sur le rôle, le fonctionnement et la mise en place des tireforts de la cuve. La reprise de chaînes interprétatives et la réflexivité sont favorisées par l'expression de la conscience préreflexive qui avait précédé lors de la première étape du dispositif.

Ainsi, pour conclure, ce qui encourage la réflexivité augmentée dans ce dispositif et qui peut être généralisable dans d'autres situations de formation, au-delà de l'encadrement de l'expression de la conscience préreflexive, est la mise en intrigue dynamique. Cette expérience, qui associe invention, mise en scène de l'expérience vécue, mais aussi (re)découverte de l'environnement de travail, est prometteuse pour le déploiement d'une activité réflexive pratique et critique. Cette mise en intrigue dynamique pourrait avoir lieu à travers d'autres ressources que l'EV utilisé dans cette recherche

¹⁹³ Ce point est détaillé dans la discussion intermédiaire (section 4) du chapitre 5, p. 358

¹⁹⁴ Voir chapitre 5, section 3.1.2 p. 325

¹⁹⁵ Voir chapitre 5, section 3.1.3 p. 327

comme des traces de l'activité propre (photos, schémas mécaniques, etc.) ou des storyboards réalisés après l'intervention et qui chercheraient à illustrer l'épisode marquant tel que vécu.

VI 1.3 Principes de mimésis

Le troisième principe renvoie à l'encouragement d'une expérience propice aux transformations majorantes de l'activité : l'expérience mimétique (Durand et al., 2013). Cette expérience mimétique s'accompagne d' « un registre de significations procédant par des déplacements et des mises en relation fondées sur des ressemblances [des analogies, des métaphores : notre ajout], des états affectifs et une tonalité expérientielle ludique, une intentionnalité complexe impliquant une feintise (jamais totale ou crédule) » (Poizat et al., 2016, p. 8). Ce principe de conception est dérivé de travaux pionniers sur la simulation (Bouchot & Leblanc, 2019; Durand et al., 2013; Horcik, 2014; Horcik & Durand, 2011) et a déjà fait ses preuves dans le cadre de la conception de situations de vidéoformation (Durand, 2014; Leblanc, 2014b; Leblanc et al., 2021). Durand et al. (2013) décrivent l'expérience mimétique comme :

Une expérience [qui] présente une complexité particulière qui la distingue d'un *être à la situation* pragmatique, direct, sérieux, utilitaire et sans oscillations, tel qu'il est généralement décrit dans les théories de l'action et de l'activité. On peut décrire dans ces cas des contenus expérientiels de l'ordre du décalage, de la duplicité, de la feinte, de la métaphore, du jeu, de la fiction, du comique, de l'inutile... C'est là un registre où les significations sont peu déterminées, où les choses valent pour d'autres choses de façon équivoque, désintéressée, oscillante, plaisante, erratique. Elles sont porteuses de concentrations, dédoublements, décalages, détournements, décentrations... par rapport à un engagement finalisé et univoque (Durand et al., 2013, p. 55).

Ainsi l'expérience mimétique se révèle être une expérience complexe et non univoque, difficile à saisir, qui articule ces trois processus tout en étant un registre d'activité tenté d'un registre de jeu et de ludisme (Durand, 2014). Cette expérience est marquée par une double intentionnalité qui repose sur un découplage ou débrayage entre la situation proposée et la situation de référence. Comme cela l'a été bien montré par les travaux en simulation, ce dont les acteurs font l'expérience se résume dans une double négation : « ce n'est pas le travail, mais ce n'est pas pas le travail » (Horcik, 2014; Horcik et al., 2014). L'expérience mimétique émerge à l'intersection de trois

processus : l'« immersion mimétique », la « feintise ludique partagée » et la « modélisation métaphorique » (Schaeffer, 1999; Zaccari-Reyners, 2005).

L'immersion mimétique (Schaeffer, 1999) fait référence à la « capacité des individus à accepter de prendre quelque chose pour quelque chose d'autre, de manière consentie et intentionnelle » (Leblanc & Sève, 2012, p. 48), à partir de leurres. La notion d'immersion mimétique peut être rapprochée dans une certaine mesure de celle d'immersion mentale de Sherman et Craig (2003) décrite dans le chapitre 1, reflétant l'Engagement psychologique d'un acteur dans une situation fictionnelle ou virtuelle avec une suspension de l'incrédulité. Le rôle des leurres est central puisque ce sont ces leurres qui permettent aux acteurs de se sentir « immergés » dans cette situation fictionnelle. À titre d'exemple, le fait de devoir mettre une combinaison de protection pour réaliser une manœuvre sur une vanne et des tableaux électriques dans l'espace maquette est un leurre. Ceci vise le rapprochement avec les situations de travail cibles (travail dans un milieu comportant des éléments radioactifs) ainsi qu'une découverte de sensations (chaleur, audition perturbée, manipulation de matériel rendue compliquée par le port de plusieurs épaisseurs de gants de protection) et de gestes (marche arrière dans l'escalier) auxquels les stagiaires n'auraient pas été confrontés sans l'utilisation de ces leurres. Un autre leurre peut être l'utilisation de vraies fiches de manœuvres lors des situations de formation. Ces documents de travail, déjà en partie renseignés pour correspondre au moment où les formés doivent intervenir dans le bâtiment réacteur, visent à encourager l'immersion mimétique des stagiaires dans la situation de formation.

La feintise ludique partagée (Schaeffer, 1999) repose sur le fait que les participants de la situation de formation, malgré le processus d'immersion mimétique, distinguent la situation de formation de la situation de référence. C'est le « contrat » qui porte sur la feinte afin de considérer certains objets ou situations comme étant d'autres. La situation de formation et les artefacts utilisés (tels que des simulateurs ou l'EV) doivent contenir des ancrages non authentiques, c'est-à-dire un ensemble de marqueurs qui distinguent la situation de formation de la situation de travail de référence. La situation de formation doit également être « annoncée » afin de « définir et délimiter l'espace de jeu à l'intérieur duquel opère le simulacre, ce qui permet que les environnements et leurs ancrages ne soient pas assimilés et interprétés comme réels » (Durand, 2008, p. 110). Le processus de feintise ludique est partagé au sens où tous les participants, formés comme formateurs, ont connaissance de la feinte. Dans des situations de formation que nous avons conçues, la feintise ludique partagée,

c'est-à-dire le « contrat » entre le formateur et les stagiaires concernant « le faire comme si », fait par exemple écho au fait que les stagiaires cheminent dans l'EV pour représenter le cheminement dans l'EV réel. Ils savent très bien que l'EV n'est pas le bâtiment réacteur réel pourtant ils « jouent le jeu » et font « comme si » ça l'a été pour réaliser la manœuvre.

La modélisation métaphorique¹⁹⁶ est le processus permettant aux expériences mimétiques d'être typicalisées, d'étendre de la sémiose, et préfigurer/anticiper d'autres situations comme les situations de travail (Durand, 2008). Dans le cadre de l'expérience mimétique, l'extension de la sémiose s'appuie sur l'Engagement métaphorique où « un couplage vaut pour un autre couplage » (Durand, 2008, p. 111) et qui fait que tout ce qui est vécu dans la situation de formation vaut pour ce qui est vécu en situation de référence. Les métaphores permettent de comprendre quelque chose à partir de quelque chose d'autre (Lakoff & Johnson, 1985). Le recours à la métaphorisation est central pour l'apprentissage/développement des acteurs, car elle permet l'établissement de liens et des relations préalablement absentes entre deux éléments ou situations, « elle fait sentir les choses, concrétise les actions futures et fonde une symbolisation abstraite et formelle secondaire » (Durand, 2014, p. 27).

Nos résultats empiriques sur l'activité des formés confirment que l'encouragement de l'expérience mimétique est également essentiel dans le cadre de la conception de situations de formation mobilisant des EV comme dans le cadre de la conception de dispositifs de simulation, de vidéo-formation ou de jeux de rôles (Leblanc & Sève, 2012).

Ainsi, à la suite des travaux sur la conception de situations de formation en simulation (Horcik, 2014; Horcik & Durand, 2015), nous considérons indispensable de concevoir des environnements (et des artefacts associés) qui ne visent pas tant uniquement l'immersion mimétique (ou sentiment de présence), mais qui favorisent plus globalement une expérience mimétique. Concevoir des environnements de formation visant uniquement l'immersion (physique et/ou mentale) des acteurs serait un élément paradoxal puisque pour favoriser l'apprentissage/développement il faut viser des environnements qui encouragent l'expérience mimétique est sa double intentionnalité « not, but not not » qui repose entre autres sur le processus de feintise ludique partagée.

¹⁹⁶ Nous employons le terme de « modélisation métaphorique de l'expérience », tel qu'utilisé par Durand (2008) qui, contestant l'hypothèse de processus d'abstraction et de représentation, se distingue de la notion de « modélisation analogique » (Schaeffer, 1999) mobilisée par Schaeffer et Zaccari-Reyners.

Dans le cas de notre recherche, l'expérience mimétique a été favorisée, selon les situations de formation, par (i) la navigation scénarisée qui a été proposée aux formés, (ii) la narration des récits expérientiels par les formateurs ou stagiaires illustrés par les photos de l'EV, et (iii) la mise en intrigue dynamique. Aussi, il nous semblerait intéressant quant à la conception des EVAH encourageant l'expérience mimétique, d'y associer des travaux qui proposent des pistes de conception s'intéressant (i) aux différentes intrigues de la scénarisation de l'EVAH, comme cela est le cas dans les travaux de Szilas (2014) autour de l'utilisation du récit fortement interactif ou encore (ii) à la métalepse¹⁹⁷. Les travaux d'Allain (Allain, 2013, 2018; Allain & Szilas, 2012) proposent de repenser la conception des *serious game* en passant d'une écriture documentée, matérialisée dans une fiction interactive, à une écriture appuyée sur un dispositif narratif et ouvert sur le monde réel. Il montre que longtemps cantonnée dans les médias dits linéaires, la métalepse trouve dans les médias interactifs un nouveau lieu d'expression. En transgressant les niveaux narratifs, elle permet de relier le monde du jeu et le monde réel. Pour Schaeffer (2005), la métalepse serait consubstantielle de toute expérience mimétique : elle autorise la fiction en assurant continuellement la coprésence au monde réel. La métalepse serait en quelque sorte une signature de l'immersion mimétique. Cette interprétation est compatible avec les résultats obtenus par les travaux en simulation (Horcik & Durand, 2015) ou dans le dispositif « Théâtre du Vécu » (Durand & Salini, 2018).

Pour notre part, nous retenons de ce domaine de recherche que les EVAH devraient aussi être conçus en lien avec leur potentiel de génération de significations nouvelles liées à leur capacité à induire des significations non seulement iconiques, mais aussi métonymiques ou métaleptiques. En mêlant la réalité du monde créé par la fiction au réel du monde commun cette figure narrative et

¹⁹⁷ Métalepse narrative : « notion a été introduite dans le champ de l'analyse du récit par Genette (1972). En narratologie on admet en principe que tout récit est une narration d'événements et, par conséquent, qu'il s'organise en deux niveaux clairement séparés : celui de la narration (monde de celui qui raconte) et celui des événements narrés (monde de ce qui est raconté). Toute contamination d'un niveau par l'autre pourrait sembler aller à l'encontre de la nature même du récit. Pourtant, dans la réalité de l'art narratif, les choses sont plus complexes. Un des procédés narratifs qui, potentiellement, s'inscrivent contre une telle distinction d'essence entre le niveau de la narration et celui du narré, est le récit enchâssé, ou récit métadiégétique. En effet, si les récits enchâssés entretiennent « normalement » avec leurs récits enchâssant une relation soit explicative soit thématique, la tradition littéraire offre aussi des exemples de contamination volontaire entre les deux niveaux, qui réalise de manière insolite le passage du narrateur ou du narrataire dans le domaine des personnages, ou inversement. C'est cette contamination de niveaux qu'on désigne, à la suite de Genette, du terme de « métalepse » : un récit s'interrompt pour mettre en scène le narrateur et / ou le lecteur (Genette, 2004). » (Poizat & Durand, 2014a, p. 50)

Chapitre 6 – Discussion Générale

configuration d'activité nous semble particulièrement pertinente lorsque l'on s'intéresse à la conception d'EVAH articulant travail et formation.

VI 2. DÉMARCHE D'ERGONOMIE DES SITUATIONS DE FORMATION

Comme évoqué dans l'introduction, notre recherche se proposait d'adopter une démarche d'ergonomie des situations de formation (Guérin, 2012; Horcik & Durand, 2011; Zeitler, 2011). En première approximation, cette démarche suggère d'alterner, dans le cadre de boucles itératives, des analyses de l'activité *in situ* des formateurs et stagiaires, et la conception en collaboration avec les professionnels (formateurs, responsables de formation, etc.) des situations de formation. La visée de cette démarche est de rendre les situations de formation existantes plus efficaces tout en ancrant la conception dans un rapport avec les préoccupations, attentes et intentions des acteurs (formés et formateurs) afin de permettre des transformations majorantes (Poizat et al., 2016).

Cette démarche peut s'accompagner d'une « conception continuée dans l'usage¹⁹⁸ » (Béguin, 2007; Daniellou, 2007; Folcher, 2003; Leblanc, 2012; Rabardel, 1995; Rabardel & Béguin, 2005; Ria & Leblanc, 2011) comme nous le montrent les travaux dans le cadre de l'approche instrumentale. La notion de conception continuée dans l'usage a principalement été initiée pour la conception d'artefacts (Rabardel, 1995). La présence d'une forme de conception continuée dans l'usage (par les utilisateurs) peut avoir deux registres d'explication : soit celle-ci peut être considérée comme le résultat d'une anticipation déficitaire ou limitée en conception (Béguin, 2004), soit celle-ci peut être considérée comme un « processus inévitable, lié à la constitution des instruments dans le cadre des genèses instrumentales » (Bourmaud, 2006, p. 58). Dans le premier cas, la conception continuée permet de pallier une conception insatisfaisante ou non complètement aboutie - du point de vue des utilisateurs, mais également - pour les concepteurs - de s'engager dans une voie de résolution du « paradoxe de l'ergonomie de conception » (Theureau & Pinsky, 1984). L'enjeu en conception devient alors de laisser les marges de manœuvre suffisantes aux acteurs pour qu'ils puissent s'engager dans une conception dans l'usage en élargissant l'espace « des activités futures possibles » (Daniellou, 2004). La seconde explication ne fait pas référence à un problème lié à l'anticipation des activités futures en conception, mais est plus d'ordre ontologique : la conception continuée dans l'usage est une phase indispensable de l'appropriation des artefacts (Rabardel, 1995). Ainsi, pour l'auteur, la conception continuée dans l'usage apparaît comme une caractéristique inhérente à la constitution des instruments et des genèses instrumentales. En effet,

¹⁹⁸ Citée également comme une conception pour et dans l'usage (Folcher, 2003, 2015).

Weill-Fassina et al. (1993) soulignent l’inventivité des acteurs qui explorent, interprètent et transforment leur environnement technique, social et culturel. Ainsi le « développement des artefacts et (le) développement de l’activité doivent être envisagés dialectiquement pendant la conduite du projet » (Béguin, 2004, p. 385).

Nous considérons à l’issue de notre recherche, qu’il est indispensable de compléter ou adjoindre à la démarche d’ergonomie des situations de formation (traditionnellement et de manière trop réductrice associée à la mise en place de boucle itérative de conception), une démarche spécifique de conception continuée dans l’usage des situations de formation. Une telle démarche impliquerait le recours à des modélisations et méthodes explicites visant l’anticipation et l’accompagnement de l’appropriation des situations de formation (et des artefacts) par les formateurs et les formés. Le Tableau 76 synthétise comment la démarche d’ergonomie des situations de formation a été mobilisée dans le cadre de notre recherche pour chacun des trois dispositifs de formation. Le dispositif Scénario-enquête illustre à sa manière la pertinence d’une telle démarche de conception continuée dans l’usage des situations de formation (le formateur s’étant approprié le dispositif à partir de la séance 4), même si cette dimension n’a pas fait l’objet d’une analyse empirique approfondie.

Tableau 76. Démarche d’ergonomie des situations de formation adaptée à chacune des trois études de la recherche.

Dispositif Vi²BR	Dispositif Scénario-enquête	Dispositif NaRé
Situation de référence en environnement naturel de formation (séance Configuration bâtiment réacteur)	Conception d’une « situation prometteuse et en environnement naturel de formation »	« Situation d’expérimentation écologique d’une situation prometteuse hors environnement naturel de formation »
Boucles itératives d’analyse de l’activité et reconception de la situation de formation	Boucles itératives d’analyse de l’activité et de reconception de la situation de formation dans une démarche de conception continuée dans l’usage.	Expérimentation d’une situation comme proof of concept de manière ponctuelle, sans de mise en œuvre de boucles itératives
Choix de la situation conjointement par les formateurs/chercheurs	Co-conception et amélioration par les chercheurs et formateurs	Conception à partir des hypothèses des chercheurs et des résultats empiriques des études antérieures
Formulation de pistes de conception Accompagnement du changement vers des re-conceptions/ améliorations par les formateurs et sensibilisation des formateurs à l’analyse de l’activité	Formulation de pistes de conception Accompagnement du changement vers des re-conceptions /améliorations par les formateurs	Formulation de pistes de conception

L'appropriation du dispositif par le formateur est également un marqueur d'innovation (Callon et al., 1999) et permet de revenir ici sur la notion d'innovation en formation. Les travaux en sociologie de l'innovation montrent que la genèse d'une innovation ne dépend pas de ses caractéristiques intrinsèques, mais s'établit à travers des transformations successives. Il s'agit d'un travail collectif et chacun des acteurs impliqués doit soutenir et diffuser l'innovation. Le modèle de l'intéressement (Akrich et al., 1988) permet de comprendre comment s'instancie une innovation, quelle est sa trajectoire et comment elle se répand progressivement pour se transformer en succès. D'après les auteurs, « adopter une innovation c'est l'adapter » et cette adaptation résulte d'une élaboration collective, née suite à un intéressement qui se répand de façon exponentielle. Une analyse de l'activité du formateur sur le temps long aurait s'en doute permis de mettre à jour et renseigner empiriquement certains de ces aspects. De telles recherches sur l'innovation seraient particulièrement pertinentes dans le cadre du développement d'une ergonomie des situations de formation.

La démarche que nous avons adoptée en inscrivant nos travaux dans le programme de recherche technologique du cours d'action en formation des adultes (Poizat et al., 2016; Poizat & Durand, 2015) peut être rapprochée des *design-based research* développées dans le champ des *Learning Sciences* (S. A. Barab & Kirshner, 2001; A. L. Brown, 1992; Cobb et al., 2003; Collins, 1992; Design-Based Research Collective, 2003). Ces recherches visent conjointement (i) à explorer les possibilités de créer de nouveaux environnements d'apprentissage et de formation professionnelle, (ii) la production de nouvelles théories (ou proto-théories) sur l'apprentissage et l'enseignement, et (iii) la formulation de principes de conception de dispositifs et pratiques de formation ayant un impact favorable sur les processus d'apprentissage/développement des acteurs dans un environnement écologique.

Ces recherches ont émergé en réaction aux méthodes psychologiques et expérimentales traditionnelles. Collins et al. (2004) identifient différents points de divergence, dont les éléments centraux sont que les *design-based research* se concentrent sur la compréhension des apprentissages dans le désordre des pratiques réelles (*the messiness of real-world practice*), c'est-à-dire dans des situations d'apprentissage écologiques dont le contexte est un élément central et pas juste une variable triviale. Un autre élément de divergence est que dans une approche *design-based* l'objectif n'est pas d'identifier et contrôler des variables prédéfinies, mais de comprendre et

caractériser des situations avec toutes les variables qui y sont présentes. Enfin, contrairement aux études expérimentales où le chercheur prend seul toutes les décisions concernant la méthode d'analyse et la conception, dans le cadre des *design-based research* toutes les parties prenantes (formateurs, formés, ingénieurs pédagogiques et chercheurs) sont encouragées à s'impliquer, à participer, dans l'analyse et la conception.

Un point central mis en avant par les *design-based research* est la nécessité pour la recherche de produire des transformations attestées sur le terrain. Les chercheurs reconnaissent non seulement l'importance du contexte, mais ils considèrent les transformations « en contexte réel » comme les preuves de la viabilité d'une théorie. Différentes recherches ont montré la pertinence d'associer l'approche *design-based research* et la perspective ergonomique (Ortoleva et al., 2012; Widmer & Bétrancourt, 2018) en éducation, par exemple la recherche d'Ortoleva et al. (2012) dans le cadre du développement d'un livret numérique de suivi pédagogique pour les formés dans le domaine de la santé.

À l'instar de ces études, la conception du dispositif NaRé peut être assimilée à une démarche de *design-based research*. Ce dispositif est le produit d'une démarche de conception basée sur des présupposés théoriques précis, sur un examen de la littérature relative à la narration d'épisodes marquants vécus par les participants, ainsi que sur des recherches empiriques portant sur l'activité des AT. La conception de ce dispositif a permis de produire (i) des connaissances sur l'activité narrative et plus spécifiquement sur l'activité de mise en intrigue dynamique, qui favorise la construction de nouvelles connaissances au regard de la triple temporalité qui la caractérise (passé-présent-futur) et (ii) la conception en formation. Ainsi, cette expérimentation a permis, dans une temporalité courte, de tester des hypothèses et une nouvelle situation de formation afin d'en étudier le potentiel pour l'apprentissage/développement des acteurs dans une approche située et écologique ; elle a également permis d'identifier des principes de conception et des situations à fort potentiel qui pourraient être réinvestis dans d'autres situations de formation. En s'appuyant sur les résultats empiriques des deux premières études, l'étude du dispositif NaRé a par ailleurs permis l'identification de pistes qui pourraient accroître l'efficacité des deux premiers dispositifs de formation.

La particularité de cette troisième étude est de ne pas inclure la réalisation de boucles itératives. L'expérimentation proposée est basée sur un principe de *proof of concept* visant à documenter des

principes de conception partant de certains éléments de cette situation et qui seraient plus adaptés pour le contexte technico-socio-organisationnel étudié. L'analyse de situations tremplin ou *proof of concept* constitue une méthode intéressante et à développer dans la démarche d'ergonomie des situations de formation. L'analyse du cours d'expérience des acteurs ayant participé au dispositif NaRé a montré l'intérêt du dispositif en termes d'apprentissage/développement, mais également pour la formulation de nouvelles pistes de dispositifs de formation.

Ainsi, notre recherche permet de compléter la démarche d'ergonomie des situations de formation en relation avec les travaux issus du *design-based research*. La démarche d'ergonomie des situations de formation devient un ensemble de méthodes ne se limitant pas à (i) une méthode d'analyse et de conception sous forme de boucles itératives vertueuses, mais intégrant également (ii) une méthode de conception de situations de formation tremplin ou *proof of concept* permettant de tester (en boucle courte et en contexte écologique) certains principes de conception ou encore (iii) une méthode et une démarche explicite pour soutenir la conception continuée dans l'usage dans une perspective d'appropriation et d'innovation des dispositifs de formation (Figure 100).

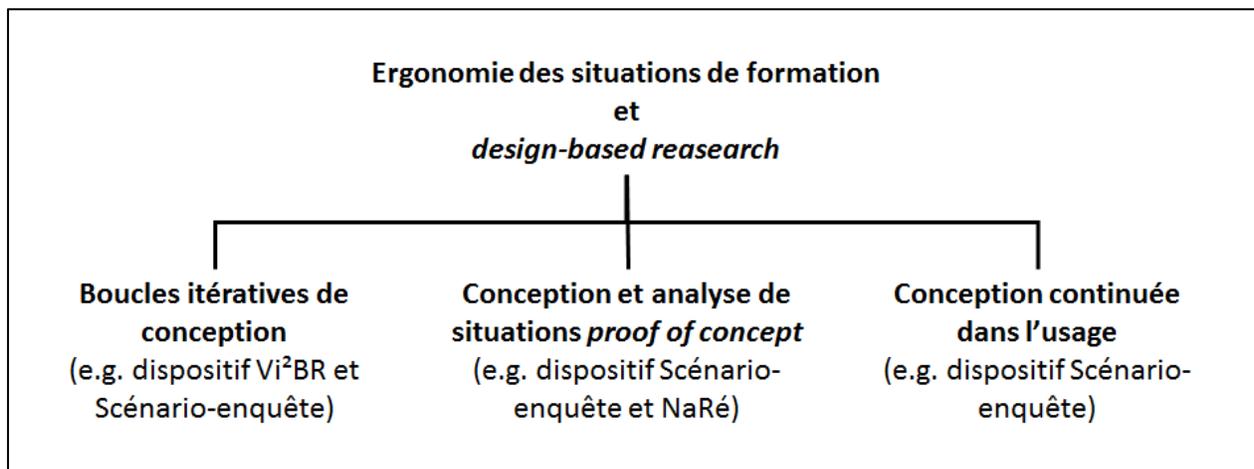


Figure 100. Démarche d'ergonomie des situations de formation adaptée à notre recherche.

VI 3. LIMITES ET PERSPECTIVES

Dans le prolongement de cette recherche, il nous semble intéressant d'envisager d'autres études empiriques pour approfondir certains aspects et limites de nos travaux. Il existe des perspectives techno-centrées qui peuvent porter sur l'étude d'autres EV aux caractéristiques proches de celles de l'EV que nous avons étudié. Ainsi, l'analyse de l'activité d'acteurs qui utilisent des vidéos 360°, l'utilisation de CAVE ou de casques de réalité augmentée pourraient présenter un intérêt et une complémentarité avec les résultats obtenus dans cette recherche. Dans cette partie nous allons cependant nous focaliser sur d'autres perspectives qui portent sur (i) l'analyse de l'activité des stagiaires et primo-intervenants pendant des empan temporels plus longs, (ii) l'analyse de l'activité en situation de travail, et (iii) l'analyse de l'activité d'autres métiers que celui d'AT. Cette partie se terminera par des pistes de conception d'un EVAH à partir de l'EV étudié dans cette recherche, VVProPrepa.

VI 3.1 Analyse de l'activité pendant des empan temporels longs

Tout d'abord, il serait pertinent de conduire des analyses de l'activité sur des empan temporels plus longs afin de pouvoir rendre compte de l'influence de l'utilisation de l'EV sur des trajectoires de développement professionnel d'AT. Plus spécifiquement, il serait intéressant de documenter la manière dont se transforme l'activité d'un acteur sur une temporalité plus longue (plusieurs mois ou années) et dans différentes situations de travail ainsi que le rôle de l'EV dans ces transformations. Ainsi, suivre des AT en formation à partir du moment où ils débutent leur cursus en lien avec les « zones contrôlées » jusqu'à ce qu'ils aient réalisé quelques interventions dans le bâtiment réacteur à l'issue de leur habilitation semble pertinent. Cette analyse longitudinale permettrait d'analyser et modéliser les « nœuds développementaux » (Ria, 2009) de l'activité des AT en formation et primo-intervenants afin d'identifier des difficultés, émotions, questionnements et doutes typiques et critiques rencontrés lors de ce parcours. Cette modélisation permettrait (i) de concevoir de nouveaux dispositifs abordant ces dimensions typiques ou critiques de l'apprentissage/développement des AT qui auraient une entrée par l'activité des stagiaires et pas par les Préoccupations du formateur ou cahier des charges. Elle permettrait également de (ii) repenser la place des technologies de visualisation au sein du cursus de formation dans une visée d'encourager certaines dispositions à agir, à voir, à (re)chercher les organes et à naviguer dans le

bâtiment réacteur. Concernant ce deuxième point, il deviendrait donc possible de questionner l'usage de ce type de technologies, notamment au regard des principes de conception évoqués précédemment, afin d'encourager les abductions, une réflexivité augmentée et des expériences mimétiques. Ainsi l'utilisation de la RV ne serait pas une réponse à une indisponibilité des visites sur le terrain, mais une opportunité pour la construction de nouveaux types et le développement de nouvelles dispositions à agir. Enfin, il serait également intéressant d'analyser les transformations de l'activité des acteurs afin de voir si et comment les primo-intervenants convoquent les situations de formation en situation réelle de travail.

VI 3.2 Analyse de l'activité en situation de travail

Un autre objectif qui peut être poursuivi au-delà du présent travail consiste à conduire de nouvelles expérimentations. Celles-ci pourraient porter sur les situations de formation sur le lieu de travail. À ce titre, les situations de tutorat présentent un enjeu à la fois scientifique et opérationnel pour l'entreprise, puisqu'il n'existe actuellement pas de dispositif facilitant les moments d'échange entre les stagiaires et leur tuteur sur le terrain et qu'il n'y a par ailleurs pas de suivi entre les tuteurs et les formateurs qui animent les formations théoriques. En effet, les tuteurs « constituent une catégorie bien particulière de « formateurs », dont les rapports à la formation sont à la fois complexes et à certains égards ambigus » (Filliettaz & Durand, 2016, p. 84). Les auteurs soulignent que les tuteurs ne participent pas ou peu à la conception de formations et qu'ils sont les récepteurs de prescriptions concernant les « attitudes et comportements attendus sans comprendre les conditions pratiques réelles dans lesquelles se déploient leur activité » (Filliettaz & Durand, 2016, p. 85). En outre, les situations de tutorat se confondent à l'activité de travail et ne sont pas ou peu reconnues. Ainsi, l'analyse de l'activité dans ces situations de formation en situation de travail serait pertinente non seulement pour concevoir un dispositif d'aide au tutorat, mais aussi pour étudier les liens entre la formation initiale et la formation en situation de travail et encore pour documenter empiriquement l'activité des formés et formateurs lors des moments de tutorat.

VI 3.3 Élargir à l'analyse de l'activité d'acteurs d'autres métiers des industries à risques

Notre recherche s'est focalisée sur les apports potentiels de l'EV et la conception situations de formation pour les AT (formés, formateurs ou primo-intervenants). Cependant, beaucoup d'autres professionnels travaillant dans le nucléaire pourraient bénéficier de dispositifs de formation inspirés de ceux étudiés et conçus dans cette recherche. Nous avons commencé à mettre en place de telles extensions comme, à titre d'exemple, une adaptation des « scénarios-enquête » pour une séquence de la formation « Process Fonctionnement de Base/Savoirs communs de l'ingénierie nucléaire ». Cette formation, mise en place à l'UFPI de Saclay¹⁹⁹, porte sur le fonctionnement de base d'une centrale nucléaire. Cette adaptation permet un renouvellement des questions, dans la mesure où la formation est, cette fois-ci, destinée à une population d'ingénieurs dont les besoins de formation sont très différents de ceux des AT. Ces ingénieurs nouvellement embauchés doivent connaître le fonctionnement général d'une centrale et notamment des différents éléments qui se trouvent dans le bâtiment réacteur, mais n'auront jamais à entrer et à se déplacer dans ce bâtiment. Ainsi le principe d'enquête qui a été mise en place pour cette formation ne vise pas de retrouver un organe à partir de repère fonctionnel, mais encourage les participants à identifier le matériel présenté dans l'EV. Ainsi, en naviguant dans l'EV, les stagiaires cherchent à identifier l'organe qui est visualisable sur les photos sphériques. Cette formation se concentre uniquement sur les gros matériels qui ont été utilisés, étant donné que les participants n'étudient pas les détails de fonctionnement des différents systèmes élémentaires. La Figure 101 illustre les consignes de la navigation scénarisée qui ont été proposées pour cette formation spécifique.

¹⁹⁹ Formation coconçue et animée par un formateur de l'UFPI de Saclay.

Exercice Digitalisation Process

Repère de la photo: 00- 06037



Quel matériel important identifiez-vous sur cette photo, dans ce local ?
Quel rôle a-t-il dans le fonctionnement du réacteur ?
Est-il plus ou moins directement lié à une fonction de sûreté, et si oui laquelle et comment ?
Comment le dysfonctionnement ou la perte de ce matériel impacteraient-ils le fonctionnement global de l'installation ?

Page 2 sur 6

Figure 101. Adaptation des Scénarios-enquête pour la formation PFB2/SCIN. ©EDF, UFPI Saclay.

VI 3.4 Conception d'un EVAH à partir de VVProPrepa : « VVProPaideia »

Les résultats de cette recherche permettent de formuler des pistes de conception d'un EVAH reprenant les caractéristiques technologiques de VVProPrepa (rappelons que VVProPrepa a été pensé et conçu initialement comme un outil d'aide à la préparation des travaux de maintenance et non comme une aide à la formation). Dans cette partie sont présentées deux pistes de conception d'un VVProPrepa de deuxième génération afin d'en faire un réel EVAH (VVProPaideia). La nomination de cet EVAH est inspirée du mot grec « paideia » qui signifie culture et éducation. Cette notion est également définie dans le cadre du programme de recherche du cours d'action comme un « idéal culturel » (Theureau, 2015) à partir de la notion antique de paideia et de la notion

de civilisation d'Elias. Ainsi l'EV VVProPrepa deviendrait VVProPaideia, dans une visée de développement d'une culture, partagée par les AT. Ici, nous nous focalisons sur deux pistes (i) identifier et ajouter des ressources relatives au rôle des organes et (ii) enrichir l'EVAH par l'insertion et la capitalisation de récits expérimentiels. Nous les avons sélectionnées, car la première porte sur l'amélioration d'un point critique, documenté par nos recherches sur l'activité des acteurs (formés et formateurs) et la deuxième parce qu'elle présente un fort intérêt en termes d'apprentissage/développement.

VI 3.4.1 Identification et ajout d'informations relatives au rôle des organes

Une des limites de l'EV identifiées pour une utilisation à des fins de formation est le manque d'identification des organes, c'est-à-dire des informations relatives à leur nom/rôle/identité et notamment du « gros matériel ». Cette limite identifiée lors de la navigation libre a freiné les stagiaires qui ne connaissaient pas d'avance la représentation et le lieu où se trouvaient les organes principaux. La modélisation 3D de l'EV actuelle ne permet pas aux stagiaires de comprendre le fonctionnement des organes. En effet, la modélisation « grossière » ne permet pas de visualiser l'organe sous différents angles, ou de visualiser comment il est constitué en son intérieur.

Arendarski et al. (2008) montrent que les stagiaires qui ne sont pas familiers avec les organes sont aidés par la possibilité d'avoir quelques informations succinctes en faisant un clic dessus, mais aussi de pouvoir regarder à l'intérieur d'un organe en changeant la transparence ou en « découpant l'organe ». Leur étude présente un tel exemple, permettant de voir la composition à l'intérieur d'un robinet. De la même manière, une telle modélisation pourrait être réalisée et introduite dans l'EVAH VVProPaideia pour les principaux organes (générateur de vapeur, GMPP, cuve, etc.). Même si cette piste nous semble intéressante dans un premier temps pour les formés et primo-intervenants, elle serait également utile pour les professionnels plus expérimentés, puisque la modélisation actuelle ne permet pas d'identifier les organes qui sont représentés, notamment dans les vues 3D et vue en survol.

VI 3.4.2 Enrichir l'EVAH par l'insertion et capitalisation de récits expérientiels

La première piste de conception de l'EVAH serait d'enrichir son potentiel pédagogique en associant à des lieux, visualisables dans l'EV, des récits d'expérience à fort potentiel formatif. Cette piste s'appuie sur le potentiel d'apprentissage/développement des récits pour les formés et primo-intervenants documenté lors de trois dispositifs de cette recherche (construction de nouveaux types lorsque les formateurs ou autres stagiaires ont raconté des récits expérientiels – dispositif Vi²BR ; projection dans des situations de travail imprévues lors de la navigation scénarisée à partir du vécu du formateur – dispositif Scénario-enquête ; construction/invalidation/renforcement de types lors de la mise en intrigue dynamique – dispositif NaRé).

Une bibliothèque de récits expérientiels pourrait permettre aux différents utilisateurs de prendre connaissance des récits expérientiels vécus par des pairs. Les récits de cette bibliothèque pourraient être catégorisés en fonction (i) du métier (e.g. Conduite, Robinetiers, Mécaniciens, Électriciens, etc.) ; (ii) du circuit élémentaire impacté ; (iii) de l'organe ou du lieu si c'est un élément significatif pour le récit (e.g. une vanne se trouvant au plafond) ; (iv) ou encore du numéro de la fiche de manœuvre (intéressant pour les agents de la Conduite). Ces récits pourraient être insérés sous forme de courtes vidéos articulant le récit du narrateur et la visualisation des lieux en utilisant l'EV, comme les vidéos produites lors du dispositif NaRé (étude 3). Cette bibliothèque serait évolutive et contributive, chaque AT primo-intervenant pourrait y participer en ajoutant la vidéo de son récit expérientiel. Il faudrait que cette bibliothèque soit intégrée dans l'EV, afin que les utilisateurs puissent avoir accès aux vidéos à partir de la même interface, sans avoir à quitter l'outil, et surtout qu'elles soient accessibles par les AT en formation. Des études ont déjà démontré l'intérêt du visionnage de ce type de vidéos portant sur des dimensions typiques ou critiques du travail des professionnels pour encourager un Engagement mimétique et contribuer à la constitution d'une communauté de pratique (Durand, 2014; Durand et al., 2020; Flandin, 2015; Leblanc, 2014a).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adamo-Villani, N., & Wilbur, R. B. (2008). Effects of platform (immersive versus non-immersive) on usability and enjoyment of a virtual learning environment for deaf and hearing children. *Proc. of EGVE*, 8-19.
- Ahmed, S., & Parsons, D. (2013). Abductive science inquiry using mobile devices in the classroom. *Computers & Education*, 63, 62-72. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.017>
- Akkerman, S. F., & Bakker, A. (2011). Boundary Crossing and Boundary Objects. *Review of Educational Research*, 81(2), 132-169. <https://doi.org/10.3102/0034654311404435>
- Akrich, M., Callon, M., & Latour, B. (1988). À quoi tient le succès des innovations ? 1 : L'art de l'intéressement; 2 : Le choix des porte-parole. *Gérer et Comprendre. Annales des Mines*, 11(11 & 12), 4-17.
- Albero, B., & Kaiser, A. (2009). La formation à distance sélectionne un public d'autodidactes : Résultats réflexifs à partir d'une enquête à visée exploratoire. *Savoirs*, n° 21(3), 65-95.
- Allain, S. (2013). *Serious game et perception du réel : Lecture documentarisante et potentiel cognitif* [Phdthesis, Université de Grenoble ; Université de Genève. Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00917149>
- Allain, S. (2018). Métalepses du récit vidéoludique et reviviscence du sentiment de transgression. *Sciences du jeu*, 9. <https://doi.org/10.4000/sdj.909>
- Allain, S., & Szilas, N. (2012). Exploration de la métalepse dans les "serious games" narratifs. *Revue des sciences et technologies de l'information et de la communication pour l'éducation et la formation*, 19.
- Amadiou, F., & Tricot, A. (2014). *Apprendre avec le numérique : Mythes et réalités*. Retz.

Références Bibliographiques

- Anastasiades, P. S. (2008). Blending Interactive Videoconferencing and Asynchronous Learning in Adult Education : Towards a Constructivism Pedagogical Approach—A Case Study at the University of Crete (E. DIA. M. ME.). In *Handbook of distance learning for real-time and asynchronous information technology education* (p. 24-64). IGI Global.
- Anastassova, M. (2006). *L'analyse ergonomique des besoins en amont de la conception de technologies émergente : Le cas de la Réalité Augmentée pour la formation à la maintenance automobile* [Thèse de doctorat, Université René Descartes - Paris V]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00340103>
- Anderson, Price, M., Edwards, S. M., Obasaju, M. A., Schmertz, S. K., Zimand, E., & Calamaras, M. R. (2013). Virtual reality exposure therapy for social anxiety disorder : A randomized controlled trial. *Journal of consulting and clinical psychology, 81*(5), 751.
- Angelov, A. N., Smieja, T., & Styczynski, Z. (2007). Acceptance of 3D visualizations methods for learning and training in the area of electrical engineering. *International Conference on Engineering Education, Coimbra, Portugal*.
- Anguelov, D., Dulong, C., Filip, D., Frueh, C., Lafon, S., Lyon, R., Ogale, A., Vincent, L., & Weaver, J. (2010). Google Street View : Capturing the World at Street Level. *Computer, 43*(6), 32-38. <https://doi.org/10.1109/MC.2010.170>
- Arendarski, B., Termath, W., & Mecking, P. (2008). Maintenance of Complex Machines in Electric Power Systems Using Virtual Reality Techniques. *Conference Record of the 2008 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, 483-487*. <https://doi.org/10.1109/ELINSL.2008.4570378>
- Argyris, C., & Schön, D. A. (2002). *Apprentissage organisationnel : Théorie, méthode, pratique*. De Boeck Supérieur.

Références Bibliographiques

- Avveduto, G., Tanca, C., Lorenzini, C., Tecchia, F., Carrozzino, M., & Bergamasco, M. (2017). Safety Training Using Virtual Reality : A Comparative Approach. In L. T. De Paolis, P. Bourdot, & A. Mongelli (Éds.), *Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics* (p. 148-163). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60922-5_11
- Bailly, M.-C., Durand, M., Goudeaux, A., Horcik, Z., & Poizat, G. (2014). Bailly, M-C, Durand, M., Goudeaux, A., Horcik, Z., & Poizat, G. (2014). Analyse du travail et formation : Une technologie innovante. *Education Permanente*, 6, 20-27.
- Barab, S. A., & Kirshner, D. (2001). Guest Editors' Introduction : Rethinking Methodology in the Learning Sciences. *Journal of the Learning Sciences*, 10(1-2), 5-15. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS10-1-2_2
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-Based Research : Putting a Stake in the Ground. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1-14. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1
- Barbier, J.-M. (2013). Un nouvel enjeu pour la recherche en formation : Entrer par l'activité. *Savoirs*, n° 33(3), 9-22.
- Barbier, J.-M., & Durand, M. (2003). L'activité : Un objet intégrateur pour les sciences sociales ? *Recherche & formation*, 42(1), 99-117. <https://doi.org/10.3406/refor.2003.1831>
- Baron, M., Guin, D., & Trouche, L. (2007). *Environnements informatisés et ressources numériques pour l'apprentissage : Conception et usages, regards croisés*. Hermès.
- Barot, C. (2014). *Scénarisation d'environnements virtuels. Vers un équilibre entre contrôle, cohérence et adaptabilité*. [Phdthesis, Université de Technologie de Compiègne]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00980537>
- Bationo-Tillon, A., & Rabardel, P. (2015). L'approche instrumentale : Conceptualiser et concevoir pour le développement. In *L'ergonomie orientée enfants* (p. 109-145). Presses

Références Bibliographiques

- Universitaires de France. <https://www.cairn.info/l-ergonomie-orientee-enfants--9782130617709-page-109.htm>
- Beaujouan, J., & Daniellou, F. (2012). Les récits professionnels dans une formation d'ergonomes. *Le travail humain, Vol. 75(4)*, 353-376.
- Béché, E., & Schneider, D. K. (2019). État des lieux de la recherche francophone sur les formations ouvertes et à distance. *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge, 27*, Article 27. <https://doi.org/10.4000/dms.3910>
- Béguin, P. (2004). L'ergonome, acteur de la conception. In *Ergonomie* (p. 375-390). Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/ergonomie--9782130514046-page-375.htm>
- Béguin, P. (2007). Prendre en compte l'activité de travail pour concevoir. *Activités, 04(4-2)*. <https://doi.org/10.4000/activites.1719>
- Bellou, J. (2009). Using Dynamic Visualizations to Enhance Learning in Physical Geography. In *Encyclopedia of Information Communication Technology* (p. 795-808). IGI Global.
- Bétrancourt, M. (2014). L'évaluation des effets des dispositifs de formation médiatisée : La vision de l'ergonomie. In C. Peltier (Éd.), *La médiatisation de la formation et de l'apprentissage : Mélanges offerts à Daniel Peraya* (p. 151-166). De Boeck Supérieur. <http://www.cairn.info/la-mediatisation-de-la-formation-et-de-l-apprentis--9782804189136-page-151.htm>
- Bétrancourt, M., Peraya, D., & Szilas, N. (2014). Du didacticiel au jeu sérieux : Le e-learning dans tous ses états. In *Apprendre dans l'entreprise* (p. 65-76). Presses Universitaires de France.
- Bétrancourt, M., & Poizat, G. (2017). Introduction. *Raisons éducatives, N° 21(1)*, 5-17. <https://doi.org/doi:10.3917/raised.021.0005>
- Bion, W. (1991). *A Memoir of the Future (Collected Edition)*. Karnac Books.

Références Bibliographiques

- Birbili, M. (2008). Προς μια παιδαγωγική του διαλόγου. Η σημασία και ο ρόλος των ερωτήσεων στην προσχολική ηλικία (Vers une pédagogie du dialogue. L'importance et le rôle des questionnements en éducation). *Gutenberg*.
- Bliss, J. P., Tidwell, P. D., & Guest, M. A. (1997). The effectiveness of virtual reality for administering spatial navigation training to firefighters. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(1), 73-86. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.1.73>
- Boccaro, V., & Delgoulet, C. (2015). L'analyse des travaux pour la conception en formation. Contribution de l'ergonomie à l'orientation de la conception amont d'un environnement virtuel pour la formation. *Activités*, 12(12-2). <https://doi.org/10.4000/activites.1098>
- Bodzin, A. M., & Cirucci, L. (2009a). A Land-Use-Planning Simulation Using Google Earth. *Science Scope*, 32(7), 30-38.
- Bodzin, A. M., & Cirucci, L. (2009b). Integrating geospatial technologies to examine urban land use change : A design partnership. *Journal of Geography*, 108(4-5), 186-197.
- Borillo, M. (1984). *Informatique pour les sciences de l'homme : Limites de la formalisation du raisonnement*. Mardaga.
- Bouchot, H. (2019). *Observer autrui lors de séances de simulation haute-fidélité : Une activité mimétique et ludique portée par des en-jeux sérieux* [These de doctorat, Université de Montpellier]. <https://www.theses.fr/2019MONTTS104>
- Bouchot, H., & Leblanc, S. (2019). Observer ses pairs lors de séances de simulation haute-fidélité : Une activité de nature ludique portée par des en-jeux sérieux. *Activités*, 16-2, Article 16-2. <https://doi.org/10.4000/activites.4425>
- Bourmaud, G. (2006). *Les systèmes d'instruments : Méthodes d'analyse et perspectives de conception* [Thèse de doctorat]. Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis.

Références Bibliographiques

- Bringaud, V., De la Garza, C., & Pelletier, S. (2017). Quels enseignements de l'exploitation du REX pour le modèle d'organisation d'un REX apprenant (ORA)? *52ème Congrès de la SELF - Présent et Futur de l'Ergonomie*. 52ème Congrès de la SELF, Toulouse.
- Bringaud, V., Fayolle, P., Madec, V., Gauthereau, V., Raud, G., Hernandez, G., Vautier, J.-F., Le Roy, G., Maffre, J.-F., Pichancourt, I., & Rousseau, J.-M. (2014). *To implement REX today : Why? How? References for an event-related return on experience as a source of learning*. <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/22264927>
- Bringaud, V., Journée, B., Mbaye, S., Saliou, G., & Tillement, S. (2016). Le Retour d'Expérience dans les organisations à risques Entre action managériale et dynamique de métier. In *Post-Print*. Presse des Mines.
- Brown, A. L. (1992). Design Experiments : Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178. https://doi.org/10.1207/s15327809jls0202_2
- Brown, J. S., Prusak, L., Denning, S., & Groh, K. (2005). *Storytelling in Organizations : Why Storytelling is Transforming 21st Century Organizations and Management*. Routledge.
- Burkhardt, J.-M. (2003). Réalité virtuelle et ergonomie : Quelques apports réciproques. *Le travail humain*, 66(1), 65-91.
- Burkhardt, J.-M. (2010). *Conception, utilisation et formation : Trois perspectives sur l'apprentissage en ergonomie des technologies émergentes* [Habilitation à diriger des recherches]. Université de Provence.
- Burkhardt, J.-M., Lourdeaux, D., & Lequatre, F. (2005). Environnements Virtuels pour l'Apprentissage : De l'image d'Epinal à la réalité des usages et des configurations socio-techniques. *Proceedings of the 17th Conference on l'Interaction Homme-Machine*, 163-170.

Références Bibliographiques

- Burkhardt, J.-M., Lourdeaux, D., & Mellet-d'Huart, D. (2006). La réalité virtuelle pour l'apprentissage humain. In P. Fuchs, G. Moreau, B. Arnaldi, & P. Guitton (Éds.), *Le Traité de la réalité virtuelle. Vol. 4 Les applications de la réalité virtuelle* (p. 43-100). Presse de l'école des Mines de Paris.
- Caens-Martín, S. (1999). Une approche de la structure conceptuelle d'une activité agricole : La traille de la vigne. *Education permanente*, 139, 99-114.
- Caens-Martín, S. (2005). Concevoir un simulateur pour apprendre à gérer un système vivant à des fins de production : La taille de la vigne. In P. Pastré (Éd.), *Apprendre par la simulation. De l'analyse du travail aux apprentissages professionnels* (p. 81-106). Octarès.
- Cahour, B., Salembier, P., & Zouinar, M. (2016). Analyzing lived experience of activity. *Le travail humain*, Vol. 79(3), 259-284.
- Callon, M., Lhomme, R., & Fleury, J. (1999). Pour une sociologie de la traduction en innovation. *Recherche & formation*, 31(1), 113-126. <https://doi.org/10.3406/refor.1999.1574>
- Cantürk-Günhan, B., Turgut, M., & Yılmaz, S. (2009). Spatial Ability of a Mathematics Teacher : The Case of Oya. *IBSU Scientific Journal*, 3(1), 151-158.
- Carbonell-Carrera, C., & Saorín, J. L. (2017). Geospatial Google Street View with Virtual Reality : A Motivational Approach for Spatial Training Education. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(9), 261. <https://doi.org/10.3390/ijgi6090261>
- Cardin, Y. (2016). *L'analyse de l'activité comme préalable à la conception d'un environnement virtuel de formation. Le cas d'une formation à la gestion d'incendies en milieu urbain chez les sapeurs-pompiers* [Thèse de doctorat]. UBO.
- Casse, C., & Caroly, S. (2016). *Concevoir un dispositif de retour d'expérience intégré pour plus de résilience*. Congrès Lambda Mu 20 de Maîtrise des Risques et de Sûreté de Fonctionnement, Saint Malo. <https://doi.org/10.4267/2042/61855>

Références Bibliographiques

- Casse, C., & Caroly, S. (2017). Enrichir le retour d'expérience par les espaces de débat : L'exemple d'une recherche-intervention chez un exploitant de tunnels routiers. *Le travail humain*, Vol. 80(3), 259-284.
- Casse, C., & Caroly, S. (2019). Analysis of critical incidents in tunnels to improve learning from experience. *Safety Science*, 116, 222-230. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.03.015>
- Catellin, S. (2004). L'abduction : Une pratique de la découverte scientifique et littéraire. *Hermes, La Revue*, n° 39(2), 179-185.
- Catellin, S. (2014). *Sérendipité. Du concept au conte*. Seuil.
- Cau-Bareille, D., Gaudart, C., & Delgoulet, C. (2012). Training, age and technological change : Difficulties associated with age, the design of tools, and the organization of work. *Work*, 41(2), 127-141. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-1278>
- Cerisier, J.-F. (2011). *Acculturation numérique et médiation instrumentale. Le cas des adolescents français*. [Habilitation à diriger des recherches, Université de Poitiers]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00922778>
- Charbonnier, O., & Enlart, S. (2014). L'impact des TIC sur les manières d'apprendre dans l'entreprise. In *Apprendre dans l'entreprise* (p. 133-145). Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/apprendre-dans-l-entreprise--9782130618959-page-133.htm>
- Charlier, B. (2010). Les TIC ont-elles transformé l'enseignement et la formation ? In *Apprendre avec les technologies* (p. 145-156). Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/apprendre-avec-les-technologies--9782130575306-page-145.htm>
- Charlier, B. (2011). Évolution des pratiques numériques en enseignement supérieur et recherches : Quelles perspectives ? *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire / International Journal of Technologies in Higher Education*, 8(1-2), 28-36. <https://doi.org/10.7202/1005781ar>

Références Bibliographiques

- Chauviré, C. (2010). Aux sources de la théorie de l'enquête : La logique de l'abduction en Peirce. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 10(20-21), 27-56.
- Chen, C. J., Toh, S. C., & Fauzy, W. M. (2004). The Theoretical Framework for Designing Desktop Virtual Reality-Based Learning Environments. *Journal of Interactive Learning Research*, 15(2), 147-167.
- Citton, Y. (2014). *Pour une écologie de l'attention*. Média Diffusion.
- Citton, Y. (2018). De l'écologie de l'attention à la politique de la distraction : Quelle attention réflexive ? In *Bébé attentif cherche adulte(s) attentionné(s)* (p. 11-27). Érès. <https://www.cairn.info/bebe-attentif-cherche-adultes-attentionnes--9782749262130-page-11.htm>
- Clavelin, M. (1997). Analyse d'ouvrage « Histoire et méthodologie des sciences : Programmes de recherche et construction rationnelle ». *Revue d'histoire des sciences*, 50(1/2), 226-228. JSTOR.
- Clot, Y. (2008). *Travail et pouvoir d'agir*. Presses Universitaires de France.
- Clot, Y., Faïta, D., Fernandez, G., & Scheller, L. (2000). Entretiens en autoconfrontation croisée : Une méthode en clinique de l'activité. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 2-1, Article 2-1. <https://doi.org/10.4000/pistes.3833>
- Clous, P. (2017). *Programme Compétences : Notre objectif à tous : Former et entraîner les salariés pour contribuer à la performance du parc nucléaire en exploitation* [Entretien]. https://www.myelectricnetwork.fr/web/nucleaire/lire-detail/-/asset_publisher/AO6j/content/programme-competences-notre-objectif-a-tous-former-et-entraîner-les-salaries-pour-contribuer-a-la-performance-du-parc-nucleaire

Références Bibliographiques

- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.
<https://doi.org/10.3102/0013189X032001009>
- Collingwood, R. G. (1946). *The Idea of History*. Oxford University Press.
- Collins, A. (1992). Toward a Design Science of Education. In E. Scanlon & T. O'Shea (Éds.), *New Directions in Educational Technology* (p. 15-22). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-77750-9_2
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design Research : Theoretical and Methodological Issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42.
https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_2
- Cormier, J. (2012). *Mobiliser une analyse de l'activité comme aide à la conception et à l'évaluation d'un Environnement Virtuel pour l'Apprentissage Humain : Un exemple en implantologie dentaire* [These de doctorat, Université de Brest]. <https://www.theses.fr/2012BRES0027>
- Coux, S., & Stoessel, C. (2013). *Le travail de conduite des centrales nucléaires d'EDF. Eléments de synthèse de 10 ans d'études en ergonomie et sociologie. H-T54-2013-04183-FR* (H-T54-2013-04183-FR). EDF R&D.
- Cunningham, D. J., Schreiber, J. B., & Moss, C. M. (2005). Belief, doubt and reason : CS Peirce on education. *Educational Philosophy and Theory*, 37(2), 177-189.
- Cuvelier, L. (2011). *De la gestion des risques à la gestion des ressources de l'activité : Étude de la résilience en anesthésie pédiatrique* [Thèse de doctorat, Conservatoire national des arts et métiers]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00665997>
- Da Dalto, L. (2004). CS WAVE : La réalité virtuelle pour la formation au soudage. *Ed. Techniques Ingénieur, Rubrique Innovation*, 27.

Références Bibliographiques

- Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10-32.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>
- Damşa, C., Nerland, M., & Andreadakis, Z. E. (2019). An ecological perspective on learner-constructed learning spaces. *British Journal of Educational Technology*, 50(5), 2075-2089.
<https://doi.org/10.1111/bjet.12855>
- Daniellou, F. (1988). Ergonomie et démarche de conception dans les industries de processus continus quelques étapes clés. *Le Travail Humain*, 51(2), 185-194. JSTOR.
- Daniellou, F. (2004). L'ergonomie dans la conduite de projets de conception de systèmes de travail. In *Ergonomie* (p. 359-373). Presses Universitaires de France.
<https://www.cairn.info/ergonomie--9782130514046-page-359.htm>
- Daniellou, F. (2007). Des fonctions de la simulation des situations de travail en ergonomie. *Activités*, 04(4-2), Article 2. <https://doi.org/10.4000/activites.1696>
- Darken, R. P., & Cevik, H. (1999). Map usage in virtual environments: Orientation issues. *Proceedings IEEE virtual reality (cat. no. 99CB36316)*, 133-140.
- Daugbjerg, M., Eisner, R. S., & Knudsen, B. T. (2014). Re-enacting the past: Vivifying heritage 'again'. *International Journal of Heritage Studies*, 20(7-8), 681-687.
<https://doi.org/10.1080/13527258.2014.939426>
- De Loor, P., Manac'h, K., Fronville, A., & Tisseau, J. (2008). *Requirement for an enactive machine: Ontogenesis, interaction and human in the loop*. 136.
- De Loor, P., & Tisseau, J. (2011). Réalité virtuelle et énaction. *Journal de l'Association Française de Réalité Virtuelle*.
- Decortis, F. (Éd.). (2015). *L'ergonomie orientée enfants*. PUF. <https://www.cairn.info/l-ergonomie-orientee-enfants--9782130617709.htm>

Références Bibliographiques

- Decortis, F., Bationo-Tillon, A., & Cuvelier, L. (2016). Penser et concevoir pour le développement du sujet tout au long de la vie : De l'enfant dans sa vie quotidienne à l'adulte en situation de travail. *Activités*, 13(13-2). <https://doi.org/10.4000/activites.2909>
- Decortis, F., & Rizzo, A. (2015). POGO. Un processus de conception centré sur les enfants. In *L'ergonomie orientée enfants* (p. 59-83). Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/l-ergonomie-orientee-enfants--9782130617709-page-59.htm>
- Decortis, F., & Safin, S. (2015). Méthodologie de conception participative créative. In *L'ergonomie orientée enfants* (p. 249-276). PUF.
- Dede, C., Salzman, M. C., & Loftin, R. B. (1996). ScienceSpace : Virtual realities for learning complex and abstract scientific concepts. *Proceedings of the IEEE 1996 Virtual Reality Annual International Symposium*, 246-252. <https://doi.org/10.1109/VRAIS.1996.490534>
- de Holan, P. M., & Phillips, N. (2004). Remembrance of Things Past? The Dynamics of Organizational Forgetting. *Management Science*, 50(11), 1603-1613. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1040.0273>
- Delacroix, J. (2005). *Les wikis : Espaces de l'intelligence collective*. M21 Editions.
- Deledalle, G. (1978). Commentaire. In *Ecrits sur le signe*. Seuil.
- Delgoulet, C. (2012). Apprendre pour et par le travail : Les conditions de formation tout au long de la vie professionnelle. In *La vie professionnelle ; âge, expérience et santé à l'épreuve des conditions de travail* (p. 46-74). Octarès.
- Delgoulet, C., Boccara, V., & Burkhardt, J.-M. (2017, juillet). *Quelle contribution des formateurs à l'évaluation d'un démonstrateur pour la formation en environnement virtuel des monteurs assembleurs de l'aéronautique ?* Colloque EPIQUE, Dijon.

Références Bibliographiques

- Delgoulet, C., Boccara, V., & Santos, M. (Éds.). (2019). *Les formateurs au travail. Conditions d'exercice, activités, interventions. Catherine Delgoulet, Vincent Boccara et Marta Santos (Eds.)*. Octarès.
- Delgoulet, C., Cau-Bareille, D., Chatigny, E., Goudart, C., Santos, M., & Vidal-Gomel, C. (2012). *Ergonomic analysis on work activity and training*. <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/91747>
- Delgoulet, C., & Vidal-Gomel, C. (2013). Le développement des compétences : Une condition pour la construction de la santé et de la performance au travail. In *Ergonomie constructive* (p. 19-32). PUF.
- Delgoulet, C., Vidal-Gomel, C., Falzon, P., & Teiger, C. (2017). Ergonomie, formation et développement. In *Traité des sciences et des techniques de la Formation* (p. 175-191). Dunod. <https://www.cairn.info/traite-des-sciences-et-des-techniques-de-la-format--9782100765430-page-175.htm>
- Delmas, R. (2019). *Nature des compétences non techniques du leader médical à la prise en charge d'afflux massif de victimes : Une étude à partir du point de vue des formateurs* [Thèse de doctorat]. Université Paris-Saclay.
- de Montmollin, M. (1974). *L'analyse du travail préalable à la formation*. A. Colin Formation.
- de Montmollin, M. (1986). *L'ergonomie*. La découverte.
- Denami, M., & Marquet, P. (2018). Un Serious Game pour la formation professionnelle : Le cas des opérateurs en milieu aseptique. *La fin de l'école à l'ère du numérique ?*, 75.
- Design-Based Research Collective. (2003). Design-Based Research : An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001005>

Références Bibliographiques

- de Sousa, M. P. A., Filho, M. R., Nunes, M. V. A., & Lopes, A. da C. (2010). Maintenance and operation of a hydroelectric unit of energy in a power system using virtual reality. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 32(6), 599-606. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2009.11.016>
- Dewey, J. (1993). *Logique. La théorie de l'enquête*. PUF.
- Dieumegard, G., & Durand, M. (2005). Learners' Experience (s) in E-learning : A Review. *Savoirs*, 7(1), 93-109. <https://doi.org/10.3917/savo.007.0093>
- Dillenbourg, P., Poirier, C., & Carles, L. (2003). Communautés virtuelles d'apprentissage : E-jargon ou nouveau paradigme. In A. Taurisson & A. Senteni (Éds.), *Pédagogies.net : L'essor des communautés virtuelles d'apprentissage* (p. 11-47). PUQ.
- Donin, N., Goldszmidt, S., & Theureau, J. (2008). L'activité de conception conjointe d'une partition et d'un dispositif de captation et de traitement du geste pour un quatuor à cordes. *Actes du 43ème congrès de la SELF*.
- Donin, N., & Theureau, J. (2008). L'activité de composition comme exploitation/construction de situations. Anthropologie cognitive de la composition d'une oeuvre musicale par Philippe Leroux. *Intellectica*, 48(1), 175-205.
- Drakos, A., Flandin, S., Filippi, G., Palaci, F., Veyrunes, P., & Poizat, G. (2021). From Exploration to Re-Enactment : Instructional Uses of a Desktop Virtual Environment for Training Nuclear Plant Field Operators. *Vocations and Learning*. <https://doi.org/10.1007/s12186-020-09261-1>
- Drouin, A., Schmid, A., & Thibault, G. (1997). *Formation et réalité virtuelle : Résultats de l'expérimentation dans le stage 7235 robinetterie : Diagnostic conduit de chantier* [Note technique.]. EDF DER.

Références Bibliographiques

- Dugdale, J., Pavard, B., Pallamin, N., El Jed, M., & Maugan, C. L. (2004). Emergency fire incident training in a virtual world. *Proceedings ISCRAM*, 167-172.
- Dugué, B., Petit, J., & Daniellou, F. (2010). L'intervention ergonomique comme acte pédagogique. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 12-3, Article 12-3. <https://doi.org/10.4000/pistes.2767>
- Durand, M. (1996). *L'enseignement en milieu scolaire*. PUF.
- Durand, M. (2006). *Activité(s) et formation*. Université de Genève, Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation.
- Durand, M. (2008). Un programme de recherche technologique en formation des adultes. Une approche enactive de l'activité humaine et l'accompagnement de son apprentissage/développement. *Éducation et didactique*, 2(3), 97-121.
- Durand, M. (2009). Analyse du travail dans une visée de formation : Cadres théoriques, méthodes et conceptions. In *Encyclopédie de la formation* (p. 827-856). PUF.
- Durand, M. (2011). Self-constructed activity, work analysis, and occupational training: An approach to learning objects for adults. In P. Jarvis & M. Watts (Éds.), *The Routledge international handbook on learning* (p. 37-45). Routledge.
- Durand, M. (2012). Travailler et apprendre : Vers une approche de l'activité. In *Apprendre au travail* (p. 15-32). Presses Universitaires de France; Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/puf.bourg.2012.01.0015>
- Durand, M. (2014). La plateforme Néopass@ction : Produit et témoin d'une approche d'anthropotechnologie éducative. *Recherche et formation*, 75, 23-36. <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.2166>
- Durand, M. (2016). Theureau, J. Le cours d'action. L'enaction et l'expérience. *Activités*, 13(13-1).

Références Bibliographiques

- Durand, M., Goudeaux, A., Horcik, Z., Salini, D., Danielian, J., & Frobert, L. (2013). Expérience, mimesis et apprentissage. In *Expérience, activité, apprentissage* (p. 39-64). Presses Universitaires de France; Cairn.info. <https://doi.org/10.3917/puf.albar.2013.01.0039>
- Durand, M., Goudeaux, A., Poizat, G., & Sarmiento Jaramillo, J. (2020). Des films pour analyser le travail et documenter des situations de formation. *Images du travail, travail des images*, 8, Article 8. <https://doi.org/10.4000/itti.306>
- Durand, M., & Salini, D. (2018). *Transformer sa vie en mettant en scène son activité passée*. Séminaire HASTEC : Représentations des transformations de l'activité.
- Durand, M., & Veyrunes, P. (2005). L'analyse de l'activité des enseignants dans le cadre d'un programme d'ergonomie formation. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 14(1), 47-60. <https://doi.org/10.3406/dsedu.2005.1208>
- Durat, L. (2014). Les expériences d'incidents critiques, des ressources pour le développement des compétences ? *Activités*, 11(11-2). <https://doi.org/10.4000/activites.1062>
- Duwing, V., Schmid, A., Boucheny, C., & Dory, F. (2010). *Pratiques et outils dans le domaine de la formation : État des lieux*. [Note technique]. EDF R&D.
- Eco, U. (1992). *Interpretation and overinterpretation*. Cambridge University Press.
- El Jed, M., Pallamin, N., Dugdale, J., & Pavard, B. (2004). Modelling character emotion in an interactive virtual environment. *AISB 2004 convention, symposium on language, speech and gesture for expressive characters*.
- Éloi, S., & Uhlrich, G. (2014). Utilisation d'artefacts Dans Le Domaine Des Pratiques Physiques, Sportives Et Artistiques. *TransFormations - Recherche en Education et Formation des Adultes*, 12. <https://transformations.univ-lille.fr/index.php/TF/article/view/5>
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1980). Verbal reports as data. *Psychological review*, 87(3), 215.

Références Bibliographiques

- Faillet, V. (2014). La pédagogie inversée : Recherche sur la pratique de la classe inversée. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 21(1), 651-665. <https://doi.org/10.3406/stice.2014.1115>
- Faingold, N. (1998). De l'explicitation des pratiques à la problématique de l'identité professionnelle : Décrypter les messages structurants. *Expliciter*, 26, 17-20.
- Falzon, P. (1986). *Langages opératifs et compréhension opérative* [These de doctorat, Paris Descartes]. <http://www.theses.fr/1986PA05H068>
- Falzon, P. (2013). Pour une ergonomie constructive. In *Ergonomie constructive* (p. 1-16). Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/ergonomie-constructive--9782130607489-page-1.htm>
- Falzon, P., & Teiger, C. (2011). Ergonomie, formation et transformation du travail. In *Traité des sciences et des techniques de la formation* (p. 143-159). Dunod. <https://www.cairn.info/traite-des-sciences-et-des-techniques-de-la-format--9782100566891-page-143.htm>
- Farmer, E., Rooij, J. V., Riemersma, J., Jorna, P., & Moraal, J. (1999). *Handbook of Simulator-Based Training*. Routledge.
- Faverge, J.-M., & Ombredane, A. (1955). *L'analyse du travail : Facteur d'économie humaine et de productivité*. PUF.
- Felio, C., & Carayol, V. (2013). Apports de la technique des incidents critiques à l'étude des pratiques d'hyper connexion des cadres. In *Communication et débat public. Les réseaux numériques au coeur de la démocratie ?* (p. 229-237). L'Harmattan. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00944728>
- Ferri, A. J. (2007). *Willing Suspension of Disbelief: Poetic Faith in Film*. Lexington Books.

Références Bibliographiques

- Filippi, G. (1994). *La construction collective de la régulation du trafic du RER : Étude ergonomique dans une perspective de conception de situations d'aide à la coopération* [These de doctorat, Université de Paris 13]. <http://www.theses.fr/1994PA131017>
- Filippi, G., & Gody, A. (2002). *Essais de Mise en Situation Recréée : Campagne d'essais 2001-2002 sur le simulateur N4 avec des procédures informatisées (HT-54/02/009/A)*. EDF R&D.
- Filippi, G., Gody, A., & Alengry, P. (2008). *Synthèse des Essais sur le Guidage de l'APE (HT 54-2008-00731)*. EDF R&D.
- Filippi, G., Haradji, Y., Le Guicher, B., Negroni, P., & Vion, M. (1999). L'interaction observateur/observé dans l'analyse ergonomique de l'activité. *Performances humaines & techniques*, 30-37.
- Filliottaz, L., & Durand, I. (2016). L'activité de conception des tuteurs comme modalisation de l'expérience du travail : Le cas de la formation des techniciens en radiologie médicale. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ere nouvelle*, Vol. 49(2), 83-109.
- Fisher, R. (2013). *Teaching Thinking : Philosophical Enquiry in the Classroom*. A&C Black.
- Flanagan, J. C. (1954). The critical incident technique. *Psychological bulletin*, 51(4), 327.
- Flandin, S. (2015). *Analyse de l'activité d'enseignants stagiaires du second degré en situation de vidéoformation autonome : Contribution à un programme de recherche technologique en formation* [Thèse de doctorat]. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II.
- Flandin, S., Leblanc, S., & Ria, L. (2017, juin). *Principes de conception d'environnements numériques de formation et modélisations de l'activité au travail*. 4ème colloque international de didactique professionnelle, Lille.

Références Bibliographiques

- Flandin, S., Poizat, G., & Durand, M. (2017, septembre). Développer la résilience en renouvelant la formation à et pour la sécurité : Une recherche en cours. *52 ème Congrès International Société d'Ergonomie de Langue Française*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01581046>
- Flandin, S., Poizat, G., & Durand, M. (2018). Improving resilience in high-risk organizations : Principles for the design of innovative training situations. *Development and Learning in Organizations: An International Journal*, 32(2), 9-12. <https://doi.org/10.1108/DLO-03-2017-0027>
- Flandin, S., Salini, D., Drakos, A., & Poizat, G. (2020). Conceção de formações que facilitem o surgimento de novos significados face a acontecimentos inéditos e críticos. *Laboreal*, 16(Volume 16 N°2). <https://doi.org/10.4000/laboreal.17042>
- Flandin, S., Salini, D., Drakos, A., & Poizat, G. (2021). Concevoir des formations facilitant l'émergence de nouvelles significations face à des événements inédits et critiques. *Activités*, 18-1. <http://journals.openedition.org/activites/6198>
- Folcher, V. (2003). Appropriating artifacts as instruments : When design-for-use meets design-in-use. *Interacting with Computers*, 15(5), 647-663. [https://doi.org/10.1016/S0953-5438\(03\)00057-2](https://doi.org/10.1016/S0953-5438(03)00057-2)
- Folcher, V. (2015). Conception pour et dans l'usage : La maîtrise d'usage en conduite de projet. *Journal of Human Mediatized Interactions/Revue des Interactions Humaines Médiatisées*, 16(1).
- Folcher, V., & Rabardel, P. (2004). Hommes, artefacts, activités : Perspective instrumentale. In P. Falzon (Éd.), *Ergonomie* (p. 251-268). PUF. <https://www.cairn.info/ergonomie--9782130514046-page-251.htm>
- Folz, J.-M. (2019). *La construction de l'EPR de Flamanville. Rapport au Président Directeur Général d'EDF*.

Références Bibliographiques

- Fortier, F., & Mercier, A. (2014). *La captatio illusionis du roman contemporain. Volodine, Echenoz, Makine et Dickner*. 8. <https://tempszero.contemporain.info/document1170>
- Fraser, M., & Dubé-Moreau, F.-A. (2016). Performer la collection. Comment le reenactment performe-t-il ce qu'il recrée ? *Intermédiatités*, 28-29. <https://doi.org/10.7202/1041088ar>
- Frejus, M. (1999). *Analyser l'activité d'explication pour concevoir en terme d'aide : Application à la formation et à la négociation commerciale* [These de doctorat]. Université Paris 5.
- Fricoteaux, L. (2012). *Interaction informée par un système décisionnel pour un retour multimodal en environnement virtuel : Application à la formation au transport fluvial* [These de doctorat, Université de Technologie de Compiègne]. <http://www.theses.fr/2012COMP2051>
- Fricoteaux, L., & Thouvenin, I. (2015). Adaptive and immersive feedback in informed virtual environment based on an uncertain observation of the user. Application to fluvial navigation training. *Revue d'intelligence artificielle*, 29, 113-141. <https://doi.org/10.3166/ria.29.113-141>
- Fricoteaux, L., & Thouvenin, I. (2013). OSE : An adaptive user interface for fluvial navigation training. *2013 IEEE Virtual Reality (VR)*, 111-112. <https://doi.org/10.1109/VR.2013.6549387>
- Fuchs, P. (2018). *Théorie de la réalité virtuelle : Les véritables usages*. Presses des MINES.
- Fuchs, P., Berthoz, A., & Vercher, J.-L. (2003). Introduction à la Réalité Virtuelle. In *Le traité de la Réalité Virtuelle—Volume 1 : L'homme et l'environnement virtuel*. Presse des Mines.
- Fuchs, P., Moreau, G., Berthoz, A., & Vercher, J.-L. (2003). *Le traité de la Réalité Virtuelle - Volume 1 : L'homme et l'environnement virtuel* (3^e éd., Vol. 1-5). Presse des Mines.
- Fuchs, P., Moreau, G., & Guitton, P. (2011). *Virtual Reality : Concepts and Technologies*. CRC Press.

Références Bibliographiques

- Gaillard, I. (1992). *Analyse de l'activité et des savoir-faire d'opérateurs experts : Le cas des contrôleurs du trafic aérien lors du changement de la position de contrôle* [Thèse de doctorat, Université de Paris 13]. <http://www.theses.fr/1992PA131022>
- García, A. A., Bobadilla, I. G., Figueroa, G. A., Ramírez, M. P., & Román, J. M. (2016). Virtual reality training system for maintenance and operation of high-voltage overhead power lines. *Virtual Reality*, 20(1), 27-40.
- Gaudin, C., & Chaliès, S. (2012). L'utilisation de la vidéo dans la formation professionnelle des enseignants novices. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, 178, 115-130. <https://doi.org/10.4000/rfp.3590>
- Gaudin, C., Flandin, S., Moussay, S., & Chaliès, S. (2018). *Vidéo-formation et développement de l'activité professionnelle enseignante*. L'Harmattan.
- Genre, F. (1968). Les critères de réussite dans la mécanique : Un essai d'application de la technique des « incidents critiques ». *Le Travail Humain*, 31(1/2), 47-72.
- Genette, G. (1972). *Figures III*. Seuil.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Houghton, Mifflin and Company.
- Gillet, G. (2014). *Approche instrumentale de l'activité d'enseignement en sciences et techniques des agroéquipements : Le cas d'une formation professionnelle agricole* [Thèse de doctorat, Université Toulouse le Mirail - Toulouse II]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01232792>
- Girin, J. (1989). L'opportunisme méthodique dans les recherches sur la gestion des organisations. *Communication à la journée d'étude la recherche action en action et en question, AFCET, collège de systémique, Ecole centrale de Paris*.
- Girin, J., & Journé, B. (1998). La conduite d'une centrale nucléaire au quotidien, les vertus méconnues du facteur humain. *Le journal de l'Ecole de Paris*, 10.

Références Bibliographiques

- Gourlet, P. (2018). *Montrer le faire, construire l'agir : Une approche développementale de la conception mise en œuvre à l'école primaire* [Thèse de doctorat, Université de Paris 8].
<http://www.theses.fr/2018PA080023>
- Gourlet, P., & Decortis, F. (2018). Prototyping a designerly learning through authentic making activities in elementary classrooms. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 16, 31-38. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2017.11.002>
- Grady, S. M. (1998). *Virtual reality : Simulating and enhancing the world with computers*. Infobase Publishing.
- Graham, C. R. (2006). Blended learning systems. In *The handbook of blended learning : Global perspectives, local designs* (p. 3-21). Pfeiffer Publishing.
- Greengard, S. (2019). *Virtual reality*. MIT Press.
- Guérin, J. (2012). *Activité collective et apprentissage : De l'ergonomie à l'écologie des situations de formations*. L'Harmattan.
- Guillaume, O., & Uhalde, M. (2008). *Note H-T54-2007-03528-FR : Une analyse socio-organisationnelle de la Conduite pour l'EPR* (H-T54-2007-03528-FR; p. 56). EDF R&D.
- Haradji, Y. (1993). *De l'analyse de l'aide humaine à la conception d'une aide informatique à l'utilisation de logiciel* [Thèse de doctorat, Conservatoire National des Arts et Métiers].
<http://www.theses.fr/1993CNAM0157>
- Harders, M. (2008). *Surgical Scene Generation for Virtual Reality-Based Training in Medicine*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-107-7>
- Haspekian, M. (2005). An "Instrumental Approach" to Study the Integration of a Computer Tool Into Mathematics Teaching: The Case of Spreadsheets. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 10(2), 109-141. <https://doi.org/10.1007/s10758-005-0395-z>

Références Bibliographiques

- Haué, J.-B. (2003). *Conception d'interfaces grand public en termes de situations d'utilisation : Le cas du Multi-Accès* [These de doctorat]. Université de Technologie de Compiègne.
- Haué, J.-B., Bellu, S. L., & Barbier, C. (2020). Le véhicule autonome : Se désengager et se réengager dans la conduite. *Activités*, *17-1*, Article 17-1. <https://doi.org/10.4000/activites.4987>
- Hedberg, J., & Alexander, S. (1994). Virtual Reality in Education : Defining Researchable Issues. *Educational Media International*, *31(4)*, 214-220. <https://doi.org/10.1080/0952398940310402>
- Horcik, Z. (2014). *Former par la simulation : De l'analyse de l'expérience des participants à la conception de formations par simulation* [Thèse de doctorat, Université de Genève]. <https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:40830>
- Horcik, Z., & Durand, M. (2011). Une démarche d'ergonomie de la formation. Un projet pilote en formation par simulation d'infirmiers anesthésistes. *Activités*, *08(8-2)*. <https://doi.org/10.4000/activites.2613>
- Horcik, Z., & Durand, M. (2015). L'expérience mimétique dans l'apprentissage adulte : Le cas des formations par simulation. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, *37(1)*, 167-186.
- Horcik, Z., Savoldelli, G., Poizat, G., & Durand, M. (2014). A Phenomenological Approach to Novice Nurse Anesthetists' Experience During Simulation-Based Training Sessions. *Simulation in Healthcare*, *9(2)*, 94-101. <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000021>
- Huang, H.-M., Rauch, U., & Liaw, S.-S. (2010). Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments : Based on a constructivist approach. *Computers & Education*, *55(3)*, 1171-1182. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.05.014>

Références Bibliographiques

- Huguet, L., Lourdeaux, D., & Sabouret, N. (2016, juin). Présentation du projet VICTEAMS. *Workshop Affect Compagnon Artificiel Interaction*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01342677>
- Hullo, J.-F., Thibault, G., Boucheny, C., Dory, F., & Mas, A. (2015). Multi-sensor as-built models of complex industrial architectures. *Remote Sensing*, 7(12), 16339-16362.
- Hutchins, E. (2010). Cognitive Ecology. *Topics in Cognitive Science*, 2(4), 705-715. <https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2010.01089.x>
- Hwang, M.-Y., Hong, J.-C., Ye, J.-H., Wu, Y.-F., Tai, K.-H., & Kiu, M.-C. (2019). Practicing abductive reasoning: The correlations between cognitive factors and learning effects. *Computers & Education*, 138, 33-45. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.014>
- Iinuma, M. (2016). *Learning and Teaching with Technology in the Knowledge Society*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-0144-4>
- Islami, N. (2018). The use of google earth as the learning media in geosciences education. *Journal of Educational Sciences*, 2(1), 56-63. <https://doi.org/10.31258/jes.2.1.p.56-63>
- Jeanne, F. (2017). *Métaphore d'interaction gestuelle en environnement virtuel : Application à l'apprentissage de gestes* [Thèse de doctorat]. Université de Technologie de Compiègne.
- Jézégou, A. (2010). Créer de la présence à distance en e-learning. *Distances et savoirs*, Vol. 8(2), 257-274.
- Jobert, G. (1993). Les formateurs et le travail : Chronique d'une relation malheureuse. *Éducation permanente*, n° 116, 7-18.
- Jobert, G. (2014). *Exister au travail : Les hommes du nucléaire*. Eres.
- Johnson, W. L., & Rickel, J. (1997). Steve : An animated pedagogical agent for procedural training in virtual environments. *ACM SIGART Bulletin*, 8(1-4), 16-21. <https://doi.org/10.1145/272874.272877>

Références Bibliographiques

- Kant, E. (1781). *Critique de la raison pure*. Presses Universitaires de France.
- Kaptelinin, V., & Nardi, B. A. (2006). *Acting with Technology : Activity Theory and Interaction Design*. MIT Press.
- Kasbi, Y. (2012). *Les serious games : Une révolution*. Edipro.
- Katz, L. (1996, juillet). *Children as Learners : A Developmental Approach*. Collaborative Teaching and Learning in the Early Years Curriculum, Melbourne, Australia.
<https://eric.ed.gov/?id=ED399066>
- Keating, T., Barnett, M., Barab, S. A., & Hay, K. E. (2002). The Virtual Solar System Project : Developing Conceptual Understanding of Astronomical Concepts Through Building Three-Dimensional Computational Models. *Journal of Science Education and Technology*, 11(3), 261-275. <https://doi.org/10.1023/A:1016024619689>
- Kircali, E. (2020). *Analyse de l'activité des stagiaires dans une formation incendie en Réalité Virtuelle* [Mémoire de Master en ergonomie]. Université de Paris.
- Komis, V. (2004). *Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (Introduction aux applications pédagogiques des technologies de l'information et de la communication)*. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Komis, V., & Mikropoulos, T. A. (2001). *Technology in education*. Hellenic Open University.
- Lakatos, I. (1994). *Histoire et méthodologie des sciences. Programmes de recherche et reconstruction rationnelle*. PUF.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1985). *Les métaphores dans la vie quotidienne*. Éditions de Minuit.
- Lamb, A., & Johnson, L. (2010). Virtual expeditions : Google Earth, GIS, and geovisualization technologies in teaching and learning. *Teacher Librarian*, 37(3), 81-85.

Références Bibliographiques

- Lambrey, S., Jouvent, R., Allilaire, J.-F., & Péliissolo, A. (2010). Les thérapies utilisant la réalité virtuelle dans les troubles phobiques. *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique*, 168(1), 44-46. <https://doi.org/10.1016/j.amp.2009.10.003>
- Latour, B., & Woolgar, S. (1996). *La Vie de laboratoire, trad. De l'anglais par Michel Biezunski*. La Découverte.
- Lave, J. (1988). *Cognition in Practice : Mind, Mathematics and Culture in Everyday Life*. Cambridge University Press.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated Learning : Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press.
- Leblanc, S. (2012). *Conception d'environnements vidéo numériques de formation. Développement d'un programme de recherche technologique centré sur l'activité dans le domaine de l'éducation* [Habilitation à diriger des recherches]. Université Paul Valéry Montpellier 3.
- Leblanc, S. (2014a). Vidéo formation et transformations de l'activité professionnelle. *Activités*, 11(11-2).
- Leblanc, S. (2014b). Expériences mimétiques en vidéoformation et transformations de l'activité professionnelle. *Recherche et formation*, 75, 37-50. <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.2169>
- Leblanc, S., Bouchot, H., & Secheppet, M. (2021). Modélisation théorique de l'expérience mimétique et cours d'action : Analyse de situations de formation en enseignement, santé, et sport. *Activités*, 18-1, Article 18-1. <http://journals.openedition.org/activites/6249>
- Leblanc, S., & Ria, L. (2014). Designing the Néopass@ ction platform based on modeling of beginning teachers' activity. *Design and Technology Education: An International Journal*, 19(2).

Références Bibliographiques

- Leblanc, S., Ria, L., Dieumegard, G., Serres, G., & Durand, M. (2008). Concevoir des dispositifs de formation professionnelle des enseignants à partir de l'analyse de l'activité dans une approche enactive. *Activités*, 05(5-1), Article 1. <https://doi.org/10.4000/activites.1941>
- Leblanc, S., & Sève, C. (2012). Vidéo-formation et construction de l'expérience professionnelle. *Recherche et formation*, 70, 47-60. <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.1842>
- Leclerc, C., Bourassa, B., & Filteau, O. (2010). Utilisation de la méthode des incidents critiques dans une perspective d'explicitation, d'analyse critique et de transformation des pratiques professionnelles. *Éducation et francophonie*, 38(1), 11-32. <https://doi.org/10.7202/039977ar>
- Leder, J., Horlitz, T., Puschmann, P., Wittstock, V., & Schütz, A. (2019). Comparing immersive virtual reality and powerpoint as methods for delivering safety training : Impacts on risk perception, learning, and decision making. *Safety Science*, 111, 271-286. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.07.021>
- Lee, E. A.-L., & Wong, K. W. (2014). Learning with desktop virtual reality : Low spatial ability learners are more positively affected. *Computers & Education*, 79, 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.010>
- Leplat, J. (2004). L'analyse psychologique du travail. *Revue européenne de psychologie appliquée/European Review of Applied Psychology*, 54(2), 101-108.
- Letzkus, P. (2004). *La gestion des conflits d'objectifs dans la conduite et l'exploitation d'installations nucléaires* [Thèse de doctorat, Université 2]. <https://www.theses.fr/2004TOU20042>
- Lewis, T. M., Aggarwal, R., Rajaretnam, N., Grantcharov, T. P., & Darzi, A. (2011). Training in surgical oncology – The role of VR simulation. *Surgical Oncology*, 20(3), 134-139. <https://doi.org/10.1016/j.suronc.2011.04.005>

Références Bibliographiques

- Limniou, M., Roberts, D., & Papadopoulos, N. (2008). Full immersive virtual environment CAVETM in chemistry education. *Computers & Education*, 51(2), 584-593. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.06.014>
- Loftin, R. B., Kenney, P. J., Benedetti, R., Culbert, C., Engelberg, M., Jones, R., Lucas, P., Menninger, M., Muratore, J., & Nguyen, L. (1994). Virtual environments in training : NASA's Hubble space telescope mission. *Interservice/industry training systems & education conference*, 1-10.
- Lombard, M., & Ditton, T. (1997). At the Heart of It All : The Concept of Presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3(2). <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.1997.tb00072.x>
- Lonchamp, J. (2012). An instrumental perspective on CSCL systems. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 7(2), 211-237. <https://doi.org/10.1007/s11412-012-9141-4>
- Loomis, J. M., Da Silva, J. A., Philbeck, J. W., & Fukusima, S. S. (1996). Visual Perception of Location and Distance. *Current Directions in Psychological Science*, 5(3), 72-77. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.ep10772783>
- Lorino, P. (2005). Contrôle de gestion et mise en intrigue de l'action collective. *Revue française de gestion*, no 159(6), 189-211.
- Lourdeaux, D. (2001). *Réalité virtuelle et formation : Conception d'environnements virtuels pédagogiques* [Thèse de doctorat]. École Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- Marchand, A. L. (2009). *Usage des récits expérientiels et des savoirs épisodiques dans l'apprentissage de la gestion des risques* [Thèse de doctorat]. CNAM.
- Marchand, A. L. (2011). Les retours d'expériences dans la gestion de situations critiques. *Activités*, 08(8-2), Article 2. <https://doi.org/10.4000/activites.2564>

Références Bibliographiques

- Marsella, S., Johnson, W. L., & LaBore, C. (2003). Interactive pedagogical drama for health interventions. *11th International Conference on Artificial Intelligence in Education, Sydney, Australia*, 341-348.
- Martínez-Graña, A. M., González-Delgado, J., Pallarés, S., Goy, J. L., & Llovera, J. C. (2014). 3D Virtual Itinerary for Education Using Google Earth as a Tool for the Recovery of the Geological Heritage of Natural Areas : Application in the “Las Batuecas Valley” Nature Park (Salamanca, Spain). *Sustainability*, 6(12), 8567-8591. <https://doi.org/10.3390/su6128567>
- Martínez-Graña, A. M., Goy, J. L., & Cimarra, C. A. (2013). A virtual tour of geological heritage : Valourising geodiversity using Google Earth and QR code. *Computers & Geosciences*, 61, 83-93.
- Matsubara, Y., & Yamasaki, T. (2002). VR-based interactive learning environment for power plant operator. *International Conference on Computers in Education, 2002. Proceedings.*, 922-923 vol.2. <https://doi.org/10.1109/CIE.2002.1186114>
- Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1987). *The tree of knowledge : The biological roots of human understanding*. New Science Library/Shambhala Publications.
- Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1994). *L'arbre de la connaissance*. Addison-Wesley.
- Mayen, P. (2012). Les situations professionnelles : Un point de vue de didactique professionnelle. *Phronesis*, 1(1), 59-67. <https://doi.org/10.7202/1006484ar>
- Mbaye, S., Tillement, S., Saliou, G., Bringaud, V., & Journée, B. (2014). Pratiques de retour d'expérience (REX) pour un apprentissage organisationnel. *Techniques de l'ingénieur, Référence RE179*.

Références Bibliographiques

- McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities : Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86(5), 889-918. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.5.889>
- McLuhan, M. (1994). *Understanding Media : The Extensions of Man*. MIT Press. <https://book.cc/book/684695/dc15dc>
- Mellet-d'Huart, D. (2004). *De l'intention à l'attention : Contributions à une démarche de conception d'environnements virtuels pour apprendre à partir d'un modèle de l'(en)action* [Thèse de doctorat, Université du Mans]. <https://www.theses.fr/2004LEMA1023>
- Mellet-d'Huart, D. (2006). A model of (en)action to approach embodiment : A cornerstone for the design of virtual environments for learning. *Virtual Reality*, 10(3), 253-269. <https://doi.org/10.1007/s10055-006-0038-2>
- Mellet-d'Huart, D. (2009). Virtual Reality for Training and Lifelong Learning. *Klidarithmos Computer Books*, 185-224.
- Mikropoulos, T. A. (2006a). *Ο υπολογιστής ως γνωστικό εργαλείο (L'ordinateur comme outil cognitif)*. Ελληνικά Γράμματα.
- Mikropoulos, T. A. (2006b). Presence : A unique characteristic in educational virtual environments. *Virtual Reality*, 10(3-4), 197-206. <https://doi.org/10.1007/s10055-006-0039-1>
- Mikropoulos, T. A., Katsikis, A., Nikolou, E., & Tsakalis, P. (2003). Virtual environments in biology teaching. *Journal of Biological Education*, 37(4), 176-181. <https://doi.org/10.1080/00219266.2003.9655879>
- Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments : A ten-year review of empirical research (1999–2009). *Computers & Education*, 56(3), 769-780. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.020>

Références Bibliographiques

- Mikropoulos, T. A., & Strouboulis, V. (2004). Factors That Influence Presence in Educational Virtual Environments. *CyberPsychology & Behavior*, 7(5), 582-591.
<https://doi.org/10.1089/cpb.2004.7.582>
- Milner, J.-C. (1989). *Introduction à une science du langage*. Le Seuil.
- Mollo, V., & Falzon, P. (2004). Auto-and allo-confrontation as tools for reflective activities. *Applied ergonomics*, 35(6), 531-540.
- Mollo, V., & Nascimento, A. (2013). Pratiques réflexives et développement des individus, des collectifs et des organisations. In P. Falzon (Éd.), *Ergonomie constructive* (p. 207-222). Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/ergonomie-constructive--9782130607489-page-207.htm>
- Muhle, M. (2013). Reenactments du pouvoir. Remarques sur une historiographie médiale. *Rue Descartes*, n° 77(1), 82-93.
- Muller, A., & Borer, V. L. (2017). Enquête inter-objective, environnement « augmenté » et développement professionnel. *Questions Vives. Recherches en éducation*, 27.
<https://doi.org/10.4000/questionsvives.2097>
- Muller, A., & Lussi Borer, V. (2018). Analyse de l'activité, environnements de vidéo-formation et développement professionnel des enseignants. Différences intra et inter-activités : Le possible, le réel et le virtuel. In *Vidéoformation et développement de l'activité professionnelle enseignante*. (p. 95-116). L'Harmattan.
- Muller, A., Perrin, N., & Plazaola Giger, I. (sous presse). Transformation, régularité et autonomie de l'activité humaine : Implications pour la conception de dispositifs de formation. In *Conception, Recherche, Activité, Formation, Travail*.

Références Bibliographiques

- Munoz, G., & Bourmaud, G. (2012). Une analyse des systèmes d'instruments chez les chargés de sécurité : Proposition pour analyser la pratique enseignante. *Phronesis*, 1(4), 57-70. <https://doi.org/10.7202/1013237ar>
- Murillo, A., Lefeuvre, G., Veyrac, H., & Fabre, I. (2013, août). Comment un outil devient instrument d'enseignement ? *Congrès International Actualité de la Recherche en Education et en Formation (AREF) 2013*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01569646>
- Napieralski, P. E., Altenhoff, B. M., Bertrand, J. W., Long, L. O., Babu, S. V., Pagano, C. C., & Davis, T. A. (2014). An evaluation of immersive viewing on spatial knowledge acquisition in spherical panoramic environments. *Virtual Reality*, 18(3), 189-201. <https://doi.org/10.1007/s10055-014-0245-1>
- Nichols, B. (2008). Documentary Reenactment and the Fantasmatic Subject. *Critical Inquiry*, 35(1), 72-89. <https://doi.org/10.1086/595629>
- North, M. M., North, S. M., & Coble, J. R. (1998). Virtual Reality Therapy : An Effective Treatment for the Fear of Public Speaking. *International Journal of Virtual Reality*, 3(3), 1-6. <https://doi.org/10.20870/IJVR.1998.3.3.2625>
- Ochanine, D. (1978). Le rôle des images opératives dans la régulation des activités de travail. *Psychologie et éducation*, 2, 63-54.
- Ogden, C. K., & Richards, I. A. (1923). *The Meaning of Meaning : A Study of the Influence of Language upon Thought and of the Science of Symbolism* (Vol. 29). Paul, Trench, Trubner & Company.
- Oh, P. S. (2011). Characteristics of abductive inquiry in earth science : An undergraduate case study. *Science Education*, 95(3), 409-430. <https://doi.org/10.1002/sci.20424>
- Olivier de Sardan, J.-P. (2003). Observation et description en socio-anthropologie. *Pratiques de la description*, 3, 13-39.

Références Bibliographiques

- Olry, P., & Vidal-Gomel, C. (2011). Conception de formation professionnelle continue : Tensions croisées et apports de l'ergonomie, de la didactique professionnelle et des pratiques d'ingénierie. *Activités*, 08(8-2). <https://doi.org/10.4000/activites.2604>
- Ortoleva, G., & Bétrancourt, M. (2017). L'écriture participative médiatisée comme vecteur du développement professionnel. *Raisons éducatives*, N° 21(1), 155-173.
- Ortoleva, G., Bétrancourt, M., & Morand, S. (2012). Entre personnalisation et contraintes collectives : Une démarche centrée utilisateur pour la mise en place d'un livret numérique de Suivi Pédagogique. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 19(1), 233-251. <https://doi.org/10.3406/stice.2012.1046>
- Ortoleva, G., Schneider, D., & Bétrancourt, M. (2013, février 21). *Utilisation d'un wiki pour l'écriture collaborative et le partage d'expérience en formation professionnelle initiale*. IEA.
- Palaci, F. (2009). *Les agents de terrain du nucléaire : Comprendre leur activité pour contribuer à la conception d'un outil d'aide informatique*. [Mémoire de Master Professionnel en ergonomie]. Conservatoire National des Arts et Métiers.
- Palaci, F. (2014). *Contribution ergonomique à l'analyse prospective d'innovations technico-organisationnelles dans les systèmes complexes* [These de doctorat, Université de Troyes]. <http://www.theses.fr/2014TROY0032>
- Pantelidis, V. S. (1993). Virtual Reality in the Classroom. *Educational Technology*, 33(4), 23-27. JSTOR.
- Parenthoen, M., & Belemaalem, Z. (2008). Autonomy based modeling for the simulation of ocean remote sensing. *OCEANS 2008*, 1-7. <https://doi.org/10.1109/OCEANS.2008.5152089>
- Pastré, P. (1999). Travail et compétences : Un point de vue de didacticien. *Formation Emploi*, 67(1), 109-125. <https://doi.org/10.3406/forem.1999.2365>

Références Bibliographiques

- Pastré, P. (2002). L'analyse du travail en didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie*, 138, 9-17. JSTOR.
- Pastré, P. (2005). *Apprendre par la simulation : De l'analyse du travail aux apprentissages professionnels*. Octarès.
- Pastré, P. (2011). La didactique professionnelle. Un point de vue sur la formation et la professionnalisation. *Education sciences & society*, 2(1), 83-95.
- Pastré, P., Mayen, P., & Vergnaud, G. (2006). La didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, 154, 145-198. <https://doi.org/10.4000/rfp.157>
- Patterson, T. C. (2007). Google Earth as a (not just) geography education tool. *Journal of Geography*, 106(4), 145-152. <https://doi.org/10.1080/00221340701678032>
- Pavard, B., & Dugdale, J. (2002). From representational intelligence to contextual intelligence in the simulation of complex social systems. *CASOS conference. Pittsburg*.
- Pedram, S., Palmisano, S., Skarbez, R., Perez, P., & Farrelly, M. (2020). Investigating the process of mine rescuers' safety training with immersive virtual reality: A structural equation modelling approach. *Computers & Education*, 103891.
- Pedram, S., Perez, P., Palmisano, S., & Farrelly, M. (2017). Evaluating 360-virtual reality for mining industry's safety training. *International Conference on Human-Computer Interaction*, 555-561.
- Peirce, C. S. (1931). *Collected Papers of Charles Sanders Peirce* (C. Hartshorne, P. Weiss, & A. W. Burks, Éds.; Vol. 8). Harvard University Press.
- Peirce, C. S. (1978). *Écrits sur le signe*. Seuil.
- Peirce, C. S. (1984). *Ecrits anticartésiens*. Aubier.
- Peraya, D. (1999). Médiation et médiatisation : Le campus virtuel. *Hermès*, 25(2), 153-167.

Références Bibliographiques

- Peraya, D., & Champion, B. (2007). Perception d'un environnement virtuel par les étudiants de 2e cycle : Quelle importance accordent-ils à l'usage d'un wiki ? In *Vers un changement de culture en enseignement supérieur : Regards sur l'innovation, la collaboration et la valorisation. 24e Congrès de l'Association internationale de pédagogie universitaire* (p. 21). Université de Montréal. <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:17704>
- Peraya, D., Charlier, B., & Deschryver, N. (2014). Une première approche de l'hybridation. *Education et formation, e-301*, 15-34.
- Perrenoud, P. (1995). *La pédagogie à l'école des différences*. ESF.
- Petitmengin, C. (2006). Describing one's subjective experience in the second person : An interview method for the science of consciousness. *Phenomenology and the Cognitive sciences*, 5(3-4), 229-269.
- Petitmengin, C., Remillieux, A., Cahour, B., & Carter-Thomas, S. (2013). A gap in Nisbett and Wilson's findings? A first-person access to our cognitive processes. *Consciousness and Cognition*, 22(2), 654-669. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2013.02.004>
- Picholle, É. (2013). La suspension d'incrédulité, stratégie cognitive. *ReS Futurae. Revue d'études sur la science-fiction*, 2, Article 2. <https://doi.org/10.4000/resf.281>
- Pinsky, L. (1992). *Concevoir pour l'action et la communication : Essais d'ergonomie cognitive*. Peter Lang.
- Pinsky, L., & Theureau, J. (1987). *L'étude du cours d'action : Analyse du travail et conception ergonomique*. CNAM.
- Poizat, G. (2014). Le concept d'appropriation en formation des adultes. In *Recherches en formation des adultes : Un dialogue entre concepts et réalité* (J. Friedrich & J. Pita, p. 40-68). Raison & Passions.

Références Bibliographiques

- Poizat, G., & Durand, M. (2014a). *Etat de l'art sur l'apprentissage des adultes : Capitalisation possible dans le cadre du projet « Formation Réactive »* (Livvable 4-EDF R&D). Université de Genève.
- Poizat, G., & Durand, M. (2014b). Un programme de recherche en ergonomie de formation : Illustration par le cas des techniciens en radiologie médicale. *Actes du 49ème congrès international de la Société d'Ergonomie de Langue Française*.
- Poizat, G., & Durand, M. (2015). Analyse de l'activité humaine et éducation des adultes : Faits et valeurs dans un programme de recherche finalisée. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, 190, 51-62. <https://doi.org/10.4000/rfp.4698>
- Poizat, G., & Durand, M. (2017). Réinventer le travail et la formation des adultes à l'ère du numérique : État des lieux critique et prospectif. *Raisons éducatives*, N° 21(1), 19-44.
- Poizat, G., Durand, M., & Theureau, J. (2016). The challenges of activity analysis for training objectives. *Le Travail Humain*, 79(3), 233-258. Cairn.info.
- Poizat, G., & Flandin, S. (Éds.). (sous presse). *Conception, Recherche, Activité, Formation, Travail*. Octarès.
- Poizat, G., & Goudeaux, A. (2014). Appropriation et individuation : Un nouveau modèle pour penser l'éducation et la formation ? *TransFormations*, 12.
- Poupon, L., Philipps-Bertin, C., Bobillier Chaumon, M.-É., & Kalampaliki, N. (2017). L'acceptation de la voiture électrique : Un agent transformateur des pratiques socio-domestiques. *Activités*, 14(14-2), Article 2. <https://doi.org/10.4000/activites.3044>
- Pourin, C., Daucourt, V., & Barberger-Gateau, P. (2001). Use of the Critical Incident Method in the Development of a Tool to Measure Satisfaction in Psychiatry. *Sante Publique*, Vol. 13(2), 169-177.
- Propp, V. (1965). *Morphologie du conte*. Seuil.

Références Bibliographiques

- Przesmycki, H. (1991). *Pédagogie différenciée*, Hachette éducation. *Hachette Education*.
- Querrec, R. (2003). *Les systèmes multi-agents pour les environnements virtuels de formation : Application à la sécurité civile* [Thèse de doctorat]. Université de Brest.
- Querrec, R., Buche, C., Maffre, E., & Chevaillier, P. (2003). SécuRéVi : Virtual environments for fire-fighting training. *5th virtual reality international conference (VRIC'03)*, 169-175.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- Rabardel, P. (2005a). Instrument, activité et développement du pouvoir d'agir. In *Entre connaissance et organisation : L'activité collective* (p. 251-265). La Découverte.
<https://www.cairn.info/entre-connaissance-et-organisation-l-activite-coll--9782707145895-page-251.htm>
- Rabardel, P. (2005b). Instrument subjectif et développement du pouvoir d'agir. In *Modèles du sujet pour la conception* (p. 11-29). Octarès.
- Rabardel, P., & Beguin, P. (2005). Instrument mediated activity : From subject development to anthropocentric design. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 6(5), 429-461.
<https://doi.org/10.1080/14639220500078179>
- Ria, L. (2009). De l'analyse de l'activité des enseignants débutants en milieu difficile à la conception de dispositifs de formation. In *La place du travail dans la formation des adultes* (p. 217-243). Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/travail-et-formation-des-adultes--9782130570431-page-217.htm>
- Ria, L., & Leblanc, S. (2011). Conception de la plateforme de formation Néopass@ction à partir d'un observatoire de l'activité des enseignants débutants : Enjeux et processus. *Activités*, 08(8-2), Article 2. <https://doi.org/10.4000/activites.2618>

Références Bibliographiques

- Rickel, J., & Johnson, W. L. (1997). Integrating pedagogical capabilities in a virtual environment agent. *Proceedings of the first international conference on Autonomous agents*, 30-38. <https://doi.org/10.1145/267658.267664>
- Ricœur, P. (1950). *Philosophie de la volonté. Tome 1—Le volontaire et l'involontaire*. Aubier.
- Ricœur, P. (1983). *Temps et récit I : L'intrigue et le récit historique*. Seuil.
- Ricœur, P. (1984). *Temps et récit II : La configuration du temps dans le récit de fiction*. Seuil.
- Ricœur, P. (1985). *Temps et récit III : Le temps raconté*. Seuil.
- Riff, J., & Guérin, J. (2006). Propositions pour dépasser les problèmes posés par l'étude empirique d'activités collectives à dimension conflictuelle dans une perspective d'anthropologie cognitive située. In F. Jeffroy, J. Theureau, & Y. Haradji (Éds.), *Confrontation des démarches d'étude de la relation entre activité individuelle et activité collective*. Octarès.
- Roche, L., & Gal-Petitfaux, N. (2017). *Using 360° video in Physical Education Teacher Education*. 3420-3425. <https://www.learntechlib.org/primary/p/178219/>
- Roche, L., & Rolland, C. (2020). L'usage de la vidéo 360° dans la formation des enseignants pour « entrer » virtuellement en classe. *Médiations et médiatisations*, 4, 27-39.
- Ródenas, J., Zarza, I., Burgos, M. C., Felipe, A., & Sánchez-Mayoral, M. L. (2004). Developing a virtual reality application for training nuclear power plant operators : Setting up a database containing dose rates in the refuelling plant. *Radiation Protection Dosimetry*, 111(2), 173-180. <https://doi.org/10.1093/rpd/nch043>
- Ródenas, J., Zarza, I., Pascual, A., Felipe, A., & Sanchez-Mayoral, M. L. (2002). *Development of a dose database in the refuelling scenario of a nuclear power plant for a virtual reality application*. European IRPA Congress 2002. <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20815886>

Références Bibliographiques

- Rogalski, J., & Leplat, J. (2011). L'expérience professionnelle : Expériences sédimentées et expériences épisodiques. *Activités*, 08(8-2), Article 2. <https://doi.org/10.4000/activites.2556>
- Rosch, E. H. (1973). Natural categories. *Cognitive Psychology*, 4(3), 328-350. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(73\)90017-0](https://doi.org/10.1016/0010-0285(73)90017-0)
- Rosen, J. M., Soltanian, H., Redett, R. J., & Laub, D. R. (1996). Evolution of virtual reality [Medicine]. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 15(2), 16-22. <https://doi.org/10.1109/51.486713>
- Sagnier, C. (2019). *Etude de l'acceptabilité des technologies émergentes dans l'industrie aéronautique* [Thèse de doctorat]. Université de Picardie Jules Verne.
- Salini, D., & Durand, M. (2016). Événement dramatique et éducation événementielle. *Le Théâtre du Vécu-Art, Soins, Éducation*, 265-276.
- Salini, D., & Durand, M. (2020). Overcoming a Lived Experience of Personal Impasse by Creating a Theatrical Drama : An Example of Promoting Resilience in Adult Education. In L. McKay, G. Barton, S. Garvis, & V. Sappa (Éds.), *Arts-Based Research, Resilience and Well-being Across the Lifespan* (p. 169-189). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26053-8_10
- Salini, D., & Durand, M. (sous presse). Ontologie et épistémologie enactives dans l'approche de l'activité en éducation. In *Conception, Recherche, Activité, Formation, Travail*.
- Salini, D., & Poizat, G. (2021). Dénouements possibles de l'expérience d'impasse : Pistes de compréhension et perspectives développementales. *L'orientation scolaire et professionnelle*, 50/1, 69-92.
- Samurçay, R., & Rabardel, P. (2004). Modèles pour l'analyse de l'activité et des compétences, propositions. *Recherches en didactique professionnelle*, 163-180.

Références Bibliographiques

- Samurçay, R., & Rogalski, J. (1998). Exploitation didactique des situations de simulation/(Didactical use of simulations). *Le travail humain*, 61(4), 333-359.
- Sandoval, W. A., & Bell, P. (2004). Design-Based Research Methods for Studying Learning in Context : Introduction. *Educational Psychologist*, 39(4), 199-201.
https://doi.org/10.1207/s15326985ep3904_1
- Sartre, J.-P. (1936). *La transendance de l'ego : Essai d'une description phénoménologique*. Vrin.
- Sartre, J.-P. (1943). *L'être et le néant*. Gallimard.
- Saury, J. (2008). *La coopération dans les situations d'intervention, de performance et d'apprentissage en contexte sportif. Contribution au développement d'un programme de recherches en ergonomie cognitive des situations sportives en STAPS* [Note de synthèse non publiée pour l'obtention d'une Habilitation à Diriger des Recherches STAPS]. Université de Nantes.
- Saury, J., Adé, D., Gal-Petitfaux, N., Huet, B., Sève, C., & Trohel, J. (2013). *Actions, significations et apprentissages en EPS. Une approche centrée sur les cours d'expériences des élèves et des enseignants*. EP&S.
- Saury, J., Ria, L., Sève, C., & Gal-Petitfaux, N. (2006). Action ou cognition située. Enjeux scientifiques et intérêts pour l'enseignement en EPS. *EPS*, 321, 5-11.
- Saury, J., & Rossard, C. (2009). Les préoccupations des élèves durant des tâches d'apprentissage coopératives et compétitives en badminton : Une étude de cas. *Revue des sciences de l'éducation*, 35(3), 195-216. <https://doi.org/10.7202/039862ar>
- Schaeffer, J.-M. (1999). *Pourquoi la Fiction ?* Seuil.
- Schneider, R. (2011). *Performing Remains : Art and War in Times of Theatrical Reenactment*. Taylor & Francis.

Références Bibliographiques

- Schön, D. A. (1996). À la recherche d'une nouvelle épistémologie de la pratique et de ce qu'elle implique pour l'éducation des adultes. *Savoirs théoriques et savoirs d'action*, 201-222.
- Schot, S., Flandin, S., Goudeaux, A., Seferdjeli, L., & Poizat, G. (2019). Formation basée sur la perturbation : Preuve de concept par la conception et le test d'un environnement numérique de formation en radiologie médicale. *Activités*, 16-2, Article 16-2. <https://doi.org/10.4000/activites.4724>
- Schott, G. R. (2017). That Dragon, Cancer : Contemplating life and death in a medium that has frequently trivialized both. *Digital Games Research Association Conference (DiGRA)*, 14(1), 1-10. <https://researchcommons.waikato.ac.nz/handle/10289/11325>
- Schütz, A. (1987). *Le chercheur et le quotidien : Phénoménologie des sciences sociales*. Méridiens Klincksieck.
- Sebok, A., Nystad, E., & Droivoldsmo, A. (2002). Improving safety and human performance in maintenance and outage planning through virtual reality-based training systems. *Proceedings of the IEEE 7th Conference on Human Factors and Power Plants*, 8-8. <https://doi.org/10.1109/HFPP.2002.1042867>
- Sève, C. (2005). *Une modélisation de l'activité en match des pongistes de haut niveau : Contribution à un programme de recherche d'ergonomie cognitive des situations sportives*. [Habilitation à diriger des recherches]. Université de Rouen.
- Sève, C., Poizat, G., Saury, J., & Durand, M. (2006). Un programme de recherche articulant analyse de l'activité en situation et conception d'aides à la performance : Un exemple en entraînement sportif de haut niveau. *Activités*, 3(3-2).
- Sève, C., Sano, S., & Lemonie, Y. (2010). Un programme de recherche en STAPS fondé sur la théorie du cours d'action. *eJRIEPS. Ejournal de la recherche sur l'intervention en éducation physique et sport*, 20, Article 20. <https://doi.org/10.4000/ejriepps.4829>

Références Bibliographiques

- Sève, C., Saury, J., Theureau, J., & Durand, M. (2002). La construction de connaissances chez des sportifs de haut niveau lors d'une interaction compétitive. *Le travail humain*, Vol. 65(2), 159-190.
- Shawver, D. M. (1997). Virtual actors and avatars in a flexible user-determined-scenario environment. *Proceedings of IEEE 1997 Annual International Symposium on Virtual Reality*, 170-177. <https://doi.org/10.1109/VRAIS.1997.583067>
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2003). *Understanding virtual reality : Interface, application, and design*. Morgan Kaufman.
- Sidnell, J. (2006). Coordinating Gesture, Talk, and Gaze in Reenactments. *Research on Language and Social Interaction*, 39(4), 377-409. https://doi.org/10.1207/s15327973rlsi3904_2
- Silveira, R. C. (2004). *Modélisation et conception d'un nouveau simulateur d'accouchement (BirthSIM) pour l'entraînement et l'enseignement des jeunes obstétriciens et des sages-femmes* [These de doctorat, INSA]. <https://www.theses.fr/2004ISAL0089>
- Simondon, G. (2008). *Imagination et invention (1965-1966)*. Les éditions de la transparence.
- Singer, M. J., Allen, R. C., McDonald, D. P., & Gildea, J. P. (1997). *Terrain Appreciation in Virtual Environments : Spatial Knowledge Acquisition*. (Rapport de recherche N° 1056).
- Slater, M. (1999). Measuring Presence: A Response to the Witmer and Singer Presence Questionnaire. *Presence*, 8(5), 560-565. <https://doi.org/10.1162/105474699566477>
- Slater, M. (2003). A note on presence terminology. *Presence connect*, 3(3), 1-5.
- Soler, L., Nicolau, S., Schmid, J., Koehl, C., Marescaux, J., Pennec, X., & Ayache, N. (2004). Virtual reality and augmented reality in digestive surgery. *Third IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 278-279. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2004.64>

Références Bibliographiques

- Star, S. L. (1989). The Structure of Ill-Structured Solutions : Boundary Objects and Heterogeneous Distributed Problem Solving. In L. Gasser & M. N. Huhns (Éds.), *Distributed Artificial Intelligence* (p. 37-54). Morgan Kaufmann. <https://doi.org/10.1016/B978-1-55860-092-8.50006-X>
- Steinberg, A. D., Banerjee, P., Drummond, J., & Zefran, M. (2003). Progress in the development of a haptic/virtual reality simulation program for scaling and root planning. *Journal of Dental Education*, 67(2), 161.
- Steinberg, A. D., Bashook, P. G., Drummond, J., Ashrafi, S., & Zefran, M. (2007). Assessment of Faculty Perception of Content Validity of PerioSim©, a Haptic-3D Virtual Reality Dental Training Simulator. *Journal of Dental Education*, 71(12), 1574-1582. <https://doi.org/10.1002/j.0022-0337.2007.71.12.tb04434.x>
- Stoessel, C. (2016). Apprentissage organisationnel et régulation sociale. In *Le retour d'expérience dans les organisations à risques. Entre action managériale et dynamique du métier* (p. 39-55). Presse des Mines.
- Suchman, L. A. (1987). *Plans and Situated Actions: The Problem of Human-Machine Communication*. Cambridge University Press.
- Szilas, N. (2014). Où va l'intrigue ? Réflexions autour de quelques récits fortement interactifs. *Cahiers de Narratologie. Analyse et théorie narratives*, 27, Article 27. <https://doi.org/10.4000/narratologie.7065>
- Taurisson, A., & Senteni, A. (2003). *Pédagogies.net : L'essor des communautés virtuelles d'apprentissage*. PUQ.
- Teiger, C., & Lacomblez, M. (2005). L'ergonomie et la transformation du travail et/ou des personnes. *Education permanente*, 165, 9-28.

Références Bibliographiques

- Teiger, C., & Lacomblez, M. (2013). *Former pour transformer le travail Dynamiques de constructions d'une analyse critique du travail*. Presses de l'Université Laval.
- Teiger, C., Lacomblez, M., & Montreuil, S. (1997). Apport de l'ergonomie à la formation des opérateurs concernés par les transformations des activités et du travail. *Recherche, pratique, formation en ergonomie: evolutions et interactions dans le contexte social, économique et technique*.
- Teiger, C., & Laville, A. (1991). L'apprentissage de l'analyse ergonomique du travail, outil d'une formation pour l'action. *Travail et emploi*, 47(1), 53-62.
- Thébault, J., Delgoulet, C., Fournier, P.-S., Gaudart, C., & Jolivet, A. (2014). La transmission à l'épreuve des réalités du travail. *Éducation permanente*, 198, 85-99.
- Theureau, J. (1992). *Le cours d'action : Analyse sémiologique. Essai d'une anthropologie cognitive située*. Peter Lang.
- Theureau, J. (2000). Anthropologie cognitive et analyse des compétences. *L'analyse de la singularité de l'action*, 171-211.
- Theureau, J. (2004). *Le cours d'action : Méthode élémentaire*. Octarès.
- Theureau, J. (2006). *Le cours d'action : Méthode développée*. Octarès.
- Theureau, J. (2009). *Le cours d'action : Méthode réfléchie*. Octarès.
- Theureau, J. (2010). Les entretiens d'autoconfrontation et de remise en situation par les traces matérielles et le programme de recherche «cours d'action». *Revue d'anthropologie des connaissances*, 4(2), 287-322.
- Theureau, J. (2011). L'observatoire des cours d'action, des cours de vie relatifs à une pratique et de leurs articulations collectives. In *Approches pour l'analyse des activités* (p. 23-76). L'Harmattan.

Références Bibliographiques

- Theureau, J. (2012). *Modifications apportées (en 2012) aux notions de la Méthode élémentaire et à leurs formulations (en 2004) à l'occasion de sa traduction projetée en Portugais (du Brésil)*. <http://www.coursdaction.fr/04-Ouvrages/2012-JT-O65.pdf>
- Theureau, J. (2015). *Le cours d'action : L'enaction & l'expérience*. Octarès.
- Theureau, J. (2019). *Le cours d'action : Economie et activités, suivi de Note sur l'éthique*. Octarès.
- Theureau, J., & Filippi, G. (1994). Cours d'action et conception d'un système d'aide à la coordination : Le cas de la régulation du trafic du RER. *Sociologie du travail*, 36(4), 547-562. <https://doi.org/10.3406/sotra.1994.2194>
- Theureau, J., & Jeffroy, F. (1994). *Ergonomie des situations informatisées*. Octarès.
- Theureau, J., & Pinsky, L. (1984). Paradoxe de l'ergonomie de conception et logiciel informatique. *Revue des conditions de travail*, 9, 25-31.
- Thievenaz, J. (2017). *De l'étonnement à l'apprentissage : Enquêter pour mieux comprendre*. De Boeck Supérieur.
- Thorndyke, P. W., & Hayes-Roth, B. (1982). Differences in spatial knowledge acquired from maps and navigation. *Cognitive Psychology*, 14, 560-589.
- Thouvenin, I. M. (2009). *Interaction et connaissance : Construction d'une expérience dans le monde virtuel* [Habilitation à diriger des recherches]. Université de Technologie de Compiègne.
- Tisseau, J. (2001). *Réalité virtuelle : Autonomie in virtuo* [Habilitation à diriger des recherches]. Université de Rennes.
- Trouche, L. (2018). Instrumentalization in mathematics education. *Encyclopedia of Mathematics Education*. NY: Springer, 10, 978-3.
- Tsai, M.-K., Liu, P.-H. E., & Yau, N.-J. (2013). Using electronic maps and augmented reality-based training materials as escape guidelines for nuclear accidents : An explorative case

Références Bibliographiques

- study in Taiwan. *British Journal of Educational Technology*, 44(1), E18-E21.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2012.01325.x>
- Tuomi-Gröhn, T., & Engeström, Y. (2003). *Between school and work : New perspectives on transfer and boundary-crossing*. Pergamon Press.
<https://researchportal.helsinki.fi/en/publications/from-transfer-to-boundary-crossing-between-school-and-work-as-a-t>
- Tutt, D., & Hindmarsh, J. (2011). Reenactments at Work : Demonstrating Conduct in Data Sessions. *Research on Language and Social Interaction*, 44(3), 211-236.
<https://doi.org/10.1080/08351813.2011.591765>
- Tüzün, H., & Özdiñç, F. (2016). The effects of 3D multi-user virtual environments on freshmen university students' conceptual and spatial learning and presence in departmental orientation. *Computers & Education*, 94, 228-240.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.12.005>
- Van Wassenhove, W., & Garbolino, E. (2008). *Retour d'expérience et prévention des risques, Principes et méthodes, éditions*. Lavoisier.
- Varela, F. J. (1987). *L'individualité : L'autonomie du vivant*. Le Seuil.
- Varela, F. J. (1989). *Autonomie et connaissance*. Le Seuil.
- Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit* (V. Havelange, Trad.). Seuil.
- Vergnaud, G. (2012). Forme opératoire et forme prédicative de la connaissance. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(2), 287-304.
- Vermersch, P. (1994). *L'entretien d'explicitation*. ESF Sciences Humaines.
- Vermersch, P. (2012). *Explicitation et phénoménologie : Vers une psychophénoménologie*. PUF.
- Vermersch, P. (2019). *L'entretien d'explicitation*. ESF Sciences humaines.

Références Bibliographiques

- Vermersch, P., & Maurel, M. (1997). *Pratiques de l'entretien d'explicitation*. ESF Sciences Humaines. <https://eduq.info/xmlui/handle/11515/19745>
- Veyrunes, P. (2011). *Formats pédagogiques et configuration de l'activité collective à l'école primaire* [Thèse de doctorat, Université Toulouse le Mirail - Toulouse II]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00656079>
- Veyrunes, P., Bertone, S., & Durand, M. (2003). L'exercice de la pensée critique en recherche-formation : Vers la construction d'une éthique des relations entre chercheurs et enseignants débutants. *Savoirs*, 2, 51-70.
- Veyrunes, P., & Yvon, F. (2013). Stability and transformation in configurations of activity : The case of school teaching in France and Mexico. *International journal of lifelong education*, 32(1), 80-92.
- Veyrunes, P., & Yvon, F. (2014). Autour des mots «générique» et «typique». *Recherche & formation*, 109-124.
- Vidal-Gomel, C. (2001). *Le développement des compétences pour la gestion des risques professionnels : Le domaine de la maintenance des systèmes électriques* [Thèse de doctorat, Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00096953>
- Vidal-Gomel, C. (2005). Situation de simulation pour la recherche : Quels apports pour la formation professionnelle ? Un exemple dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques. In P. Pastré (Éd.), *Apprentissage par la simulation. De l'analyse du travail aux apprentissages professionnels* (p. 156-180). Octarès.
- Vidal-Gomel, C. (2007). Compétences pour gérer les risques professionnels : Un exemple dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques. *Le travail humain*, Vol. 70(2), 153-194.

Références Bibliographiques

- Vion, M. (1993). *Analyse de l'apprentissage médié « sur le tas » : Le cas du travail de guichet à l'hôpital* [These de doctorat, Paris 13]. <http://www.theses.fr/1993PA131002>
- Vion, M. (1996). *Analyse ergonomique de l'activité de la pêche au chalut pélagique à la passerelle d'un simulateur de formation maritime*. [Rapport de recherche]. Université de Bretagne Sud. Laboratoire Sécurité et Conditions de Travail à la Pêche Maritime.
- Von Cranach, M. (1982). *Goal-directed action*. Academic Press.
- Wald, J., & Taylor, S. (2000). Efficacy of virtual reality exposure therapy to treat driving phobia : A case report. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 31(3), 249-257.
[https://doi.org/10.1016/S0005-7916\(01\)00009-X](https://doi.org/10.1016/S0005-7916(01)00009-X)
- Weill-Fassina, A., Rabardel, P., & Dubois, D. (1993). *Représentation pour l'action*. Octarès.
- Wells, S., Frischer, B., Ross, D., & Keller, C. (2009). Rome reborn in google earth. *Proceedings of the 37th CAA Conference*, 22-26.
- Whyte, J. (2002). *Virtual reality and the built environment*. Routledge.
- Widmer, V., & Bétrancourt, M. (2018). Les technologies numériques comme soutien à une activité coopérative de travaux pratiques en biologie. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 40(2), 405-425.
- Wilson, P. N. (1997). Use of virtual reality computing in spatial learning research. In *A handbook of spatial research paradigms and methodologies* (Vol. 1, p. 181-206). Psychology Press Taylor & Francis Group.
- Winn, W., Windschitl, M., Fruland, R., & Lee, Y. (2002). When does immersion in a virtual environment help students construct understanding. *Proceedings of the International Conference of the Learning Sciences, ICLS*, 206, 497-503.

Références Bibliographiques

- Yocaris, I. (2011). Relativisme cognitif et indétermination sémiotique : Abduction et méta-abduction dans l'œuvre romanesque d'Umberto Eco. *Cahiers de Narratologie. Analyse et théorie narratives*, 20, Article 20. <https://doi.org/10.4000/narratologie.6385>
- Zaccaï-Reyners, N. (2005). Fiction et typification. Contribution à une approche théorique de la transmission de l'expérience. *Methodos. Savoirs et textes*, 5, Article 5. <https://doi.org/10.4000/methodos.378>
- Zask, J. (2004). L'enquête sociale comme inter-objectivation. In B. Karsenti & L. Quéré (Éds.), *La croyance et l'enquête* (p. 141-163). Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales. <https://doi.org/10.4000/books.editionsehess.11206>
- Zeitler, A. (2006). *Apprentissage et interprétation des situations : Le cas d'apprentis enseignants de voile* [Thèse de doctorat]. CNAM.
- Zeitler, A. (2011). *Les apprentissages interprétatifs. Interprétation en action et construction de l'expérience* (p. 278). L'Harmattan. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00856578>
- Zhang, G., Zhao, S., & Xu, Y. (2003). A virtual reality based arthroscopic surgery simulator. *IEEE International Conference on Robotics, Intelligent Systems and Signal Processing, 2003. Proceedings. 2003, 1*, 272-277. <https://doi.org/10.1109/RISSP.2003.1285586>
- Zhong, X., Liu, P., Georganas, N., & Boulanger, P. (2003). Designing a Vision-based Collaborative Augmented Reality Application for Industrial Training. *it - Information Technology*, 45, 7-19. <https://doi.org/10.1524/itit.45.1.7.19032>
- Zhong, Z., Hu, J., Tan, G., & Sun, C. (2009). The Application of Google Earth in Education. *2009 First International Workshop on Education Technology and Computer Science*, 10-13. <https://doi.org/10.1109/ETCS.2009.10>

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Desktop virtual environment pour la formation dans l’industrie hydraulique (de Sousa et al., 2010, p. 603).....	25
Figure 2. À gauche : casque et manettes de l’EV VICTEAMS, à droite image visualisée par l’utilisateur © Reviatech et IRBA.....	26
Figure 3. EV IVS_VDT Platform (a) : affichage dans un CAVE classique, (b) affichage 360° dans un CAVE ElbeDom. (Arendarski et al., 2008, p. 484).....	26
Figure 4. BirthSIM simulateur anatomique-virtuel (Silveira, 2004, p.142).	27
Figure 5. Étapes à suivre pour déconnecter le transformateur du réseau électrique (Arendarski et al., 2008, p.486).....	33
Figure 6. Quatre modes de réalisation de la procédure dans l’EV IVS_VDT Platform (Arendarski et al., 2008, p.485).....	34
Figure 7. CS WAVE pour l’apprentissage des habiletés motrices de soudage (Mellet-d’Huart, 2006, p. 267).	35
Figure 8. EV Periosim pour la formation aux habiletés motrices en médecine dentaire (Steinberg et al., 2007, p. 1576).....	35
Figure 9. EV VRaptor (Shawver, 1997, p. 172).....	36
Figure 10. Modélisation de l’EV IVS_VDT à partir de photos et schémas (Arendarski et al., 2008, p.485).	38
Figure 11. CIPRES EV illustrant la dosimétrie liée à des opérations de rechargement de combustible (Ródenas et al., 2002).....	39
Figure 12. Dispositif de réalité augmentée pour réaliser le cheminement jusqu’au refuge (Tsai et al., 2013)	40
Figure 13. Différentes vues de Google Maps (a) vue plan, (b) images satellites, (c) vue hybride, (d) « street view ».	41
Figure 14. Points d’intérêt représentant des sites géologiques pertinents dans la vallée des Batuecas (Martínez-Graña et al., 2014, pp. 8570-8571).....	42
Figure 15. Carnet de terrain utilisé pour guider l’itinéraire et éléments à observer à chaque point d’intérêt (Martínez-Graña et al., 2014, p.8580).	42
Figure 16. Modèle quadripolaire des situations d’activité instrumentée. Les flèches en pointillé représentent les relations médiatisées (Folcher & Rabardel, 2004, p. 256).....	57
Figure 17. Différentes options de l’artefact DoDoc (Gourlet, 2018, p. 117)	61

Liste des Figures

Figure 18. Structure conceptuelle de la situation pour l'implantologie dentaire (Cormier, 2012, p. 107) ..	65
Figure 19. Trois niveaux d'analyse des simulations, tiré de Vidal-Gomel (2005, p. 166).	66
Figure 20. Phases de conception de la plateforme Néopass@ction (Ria & Leblanc, 2011, p. 159).	70
Figure 21. Représentation simplifiée d'une centrale nucléaire. Source IRSN.	79
Figure 22. Différentes vues de l'EV VVProPrepa : (a) plan 2D, (b) modélisation 3D, (c) vue en survol, (d) photos sphériques et (e) scan laser.	80
Figure 23. Exemple de réalisation d'une mesure et d'annotation avec l'EV VVProPrepa.	82
Figure 24. Composition d'une équipe de conduite permettant d'assurer le pilotage d'une tranche (adapté depuis le Guide du Noyau de Cohérence Conduite EDF, 2015).	83
Figure 25. Schéma d'organisation des Académies des Métiers. Source EDF.	85
Figure 26. Construction du signe hexadique à partir des catégories de Peirce (adapté de Haué et al., 2020, p. 8).	95
Figure 27. Schématisation de la phase préparatoire et des trois études de la recherche.	109
Figure 28. Partie haute du couvercle de la cuve quand la cuve est ouverte et la piscine en eau. Les tireforts sont pliés verticalement.	130
Figure 29. À gauche : Partie haute du couvercle de la cuve quand la cuve est ouverte et la piscine en eau. Les tireforts sont pliés verticalement. À droite : Partie basse du couvercle de la cuve et trous des goujons.	130
Figure 30. Représentation de la démarche itérative d'analyse du cours d'expérience et de (re)conception du dispositif.	137
Figure 31. Photographie de la salle de formation pendant le dispositif Vi ² BR.	141
Figure 32. Représentation du positionnement des caméras dans la salle de formation pour le dispositif Vi ² BR.	142
Figure 33. Enchaînement et enchâssement des unités élémentaires en quatre macro-séquences (macro-séquences) de l'EV lors de la première séance de formation et leur fréquence.	147
Figure 34. Méthode de construction de la Figure 33 à partir des unités élémentaires du cours d'expérience des deux formateurs lors de la séance 1.	148
Figure 35. Vision périphérique du niveau de la piscine du bâtiment réacteur donnée par l'EV.	149
Figure 36. À gauche : vue de la machine de chargement du combustible avant que le formateur ne zoome sur celle-ci. À droite : vue pendant que le formateur donne une explication.	152
Figure 37. Vision de la modélisation 3D.	155
Figure 38. Illustration de la fonctionnalité "GPS" avec l'aide de visuelle : à gauche de la vue 3D et à droite de la vue en survol.	157
Figure 39. Photos utilisées pour expliquer la manœuvre d'ouverture des sas.	160

Liste des Figures

Figure 40. Exemple de photos sphériques annotées pour la description d'une manœuvre d'exploitation.	161
Figure 41. Récit expérientiel, anecdote de travail et « histoire du bâtiment réacteur ».....	162
Figure 42. Deux moyens d'accès au couvercle de la cuve : chemin de câbles utilisé auparavant (à gauche) et passerelle utilisée désormais (à droite).....	179
Figure 43. Cale antisismique (en noir) arrachée par la dilatation du tuyau.	181
Figure 44. Exemples de visualisation du bâtiment réacteur à partir de la vue en survol.....	193
Figure 45. Représentation des différentes photos sur cet étage (points rouges). La numérotation de certaines photos représente les photos que le formateur a ouvertes avant de retrouver celle qu'il recherchait.	194
Figure 46. À gauche les stagiaires en train de présenter le schéma simplifié du circuit primaire et à droite en train de présenter les armoires pour la réalisation du déséclusage du SAS, lors de la cinquième séance réalisée en classe inversée.	197
Figure 47. Représentation de la démarche itérative d'analyse du cours d'expérience et de (re)conception du dispositif Scénario-enquête.	203
Figure 48. Exemple de consignes papier utilisées durant le dispositif, séance 2.	208
Figure 49. Représentation du positionnement des caméras pour le dispositif Scénario-enquête.	214
Figure 50. Montage des trois enregistrements réalisés avec les deux caméras et la capture d'écran.	214
Figure 51. Traces de l'activité du formateur et des stagiaires, utilisés lors de l'entretien de remise en situation.	217
Figure 52. Extrait de la description de l'utilisation des différentes vues de l'EV lors du dispositif, séance 5	220
Figure 53. Porte blindée amenant à une zone rouge et la pancarte se trouvant à côté.....	227
Figure 54. Niveau le plus bas du bâtiment réacteur avec la modélisation de deux ballons et de la porte d'accès.....	228
Figure 55. Ballon 2 en vue photo sphérique.....	228
Figure 56. Ballon RDP en vue en survol à gauche et en vue photo sphérique à droite.....	229
Figure 57. Crinoline représentée sur la vue en survol (à gauche) puis sur la photo sphérique (à droite)..	230
Figure 58. Chaîne KRT se trouvant sur le pont roulant et endroit où se met la clé pour tester la chaîne KRT.	232
Figure 59. Extrait de la documentation portant sur les conditions d'accès dans le bâtiment réacteur.	240
Figure 60. Capture d'écran de la photo sélectionnée par T pour réaliser son enquête.	250
Figure 61. Balayage ciblé par des indices. À gauche un plan qui illustre le cheminement des stagiaires, et à droite un zoom sur une vanne électrique.....	252
Figure 62. Le local en vert est celui dans lequel se trouve la vanne. En bleu les photos sphériques qui ont été ouvertes et en rouge celle qui ne l'ont pas été.....	255

Liste des Figures

Figure 63. En vert les deux locaux qui ont été affichés dans l'EV quand Q a utilisé le moteur de recherche.	258
Figure 64. Ensemble des déplacements effectués par Q lors de la recherche de la FGH079VN. À gauche : local du bas (-2m), à droite local se trouvant au-dessus (0m).	260
Figure 65. Conduite se trouvant dans le local voisin. À gauche vue de loin, à droite zoom pour lire le repère fonctionnel.	261
Figure 66. À gauche : mur extérieur du bâtiment réacteur ; à droite : conduite qui descend vers le deuxième local indiqué par l'EV se trouvant en dessous.	261
Figure 67. À gauche : tête de la vanne sur laquelle se trouve le repère fonctionnel, à droite : corps de la vanne, traversée n'ayant pas de repère fonctionnel.	263
Figure 68. Ensemble de tuyauteries qui semblent traverser l'enceinte bâtiment réacteur.	264
Figure 69. Capture du point ALARA retrouvé par Vn et Y (séance 1).	266
Figure 70. Étape de manœuvre des maquettes physiques, le cas d'une vanne pneumatique.	267
Figure 71. Point chaud derrière la vanne que les stagiaires doivent manipuler.	269
Figure 72. Capture d'écran de l'ascenseur avec la pancarte métallique à gauche qui indique l'interdiction de l'utiliser quand elle est dépliée.	274
Figure 73. Utilisation des différentes vues lors de la phase navigation libre dans l'EV (séance 5).	278
Figure 74. Exemple de photo sphérique avec le petit plan en haut à droite et le petit radar indiquant le champ de vision dans la photo sphérique.	279
Figure 75. Exemple de la vue plan 2D. Les points rouges et bleus sont les photos sphériques se trouvant dans les différents locaux de ce niveau. Le local dans lequel se trouve l'organe recherché avec le moteur de recherche est en vert.	280
Figure 76. Résultat du moteur de recherche pour le repère fonctionnel ABC875VB.	281
Figure 77. Exemples de la vue en survol.	283
Figure 78. À gauche : exemple de la vue 3D avec le petit plan-radar et bas à droite ; à droite vue 3D pour la fonctionnalité GPS.	284
Figure 79. À gauche : vue photo sphérique, à droite : vue 3D permettant de visualiser ce qui se trouve en dessous de l'étage.	285
Figure 80. Positionnement des trois dispositifs pendant le parcours de formation et l'habilitation d'un AT.	311
Figure 81. Illustration du dispositif NaRé.	312
Figure 82. Représentation du positionnement des caméras pour le dispositif NaRé.	319
Figure 83. Macro-séquences et séquences de la série "Mettre en intrigue l'expérience vécue".	321

Liste des Figures

Figure 84. Partie haute du couvercle de la cuve quand la cuve est ouverte et la piscine en eau. Les tireforts sont pliés verticalement.	323
Figure 85. À gauche : Partie haute du couvercle de la cuve quand la cuve est ouverte et la piscine en eau. Les tireforts sont pliés verticalement. À droite : Partie basse du couvercle de la cuve et trous des goujons.	324
Figure 86. Illustration de l'intervention de P1 de l'épisode marquant « À la recherche de la vanne cachée ».	327
Figure 87. Illustration de l'intervention de P2 de l'épisode marquant « Identifier la vanne anonyme »....	329
Figure 88. Illustration de l'intervention de P3 de l'épisode marquant « Voir les tireforts de la cuve ».	331
Figure 89. Illustration de l'intervention de P4 de l'épisode marquant « Retrouver la vanne qui était au plafond ».	333
Figure 90. Macro-séquences et séquences de la série "Mettre en intrigue l'expérience vécue".	340
Figure 91. À gauche, le pointeur indique l'endroit où P1 s'attendait à retrouver la pancarte. À droite, P1 mime le geste de serrage du frein.	345
Figure 92. Tuyauterie sur laquelle était raccordée la vanne d'air (vanne cachée).....	349
Figure 93. Plaquage derrière lequel se trouvent la vanne "cachée" et la vanne qu'ils ont vue.	349
Figure 94. Tireforts et couvercle de la cuve.	351
Figure 95. Chaîne interprétative de P3 lors des différentes interventions.	352
Figure 96. P3 mime avec ses mains le positionnement des tireforts de la cuve.	355
Figure 97. Filin, bobine et structure métallique jaune se trouvant au-dessus du couvercle de la cuve.	355
Figure 98. Triple temporalité lors de la mise en intrigue dynamique.	361
Figure 99. P2 interrompt sa navigation pour se souvenir de l'état d'une vanne rencontré lors de son cheminement.	368
Figure 100. Démarche d'ergonomie des situations de formation adaptée à notre recherche.	397
Figure 101. Adaptation des Scénarios-enquête pour la formation PFB2/SCIN. ©EDF, UFPI Saclay.	401

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Catégorisation des EV avec des exemples d'applications.	25
Tableau 2. Espace interstitiel entre l'ergonomie et la formation des adultes	55
Tableau 3. Objets théoriques du programme de recherche cours d'action de l'activité individuelle.	102
Tableau 4. Description intrinsèque, extrinsèque et externe de l'activité humaine.....	104
Tableau 5. Séries de méthodes de construction de données dans le programme de recherche cours d'action.	106
Tableau 6. Ensemble des participants à la recherche (études 1, 2 et 3) et leur expérience professionnelle.	112
Tableau 7. Synthèse des méthodes de construction de données mobilisées dans chacune des trois études.	114
Tableau 8. Durée d'observations des séances de formation et des situations de travail en équipe de Conduite pendant la recherche.	115
Tableau 9. Différents exemples de questions et relances d'autoconfrontation.	118
Tableau 10. Protocole à deux volets, extrait du corpus de Q.	122
Tableau 11. Exemple d'un signe hexadique et du questionnement (tiré de l'étude 1, J, séance 3, signe b+4).	124
Tableau 12. Exemples de conventions pour la nomination des différentes actions de navigation dans et avec l'EV.....	126
Tableau 13. Macro-séquences et séquences lors de la réalisation de la navigation scénarisée.	128
Tableau 14. Extrait de la Narration - P1.....	130
Tableau 15. Documentation des contraintes et effets extrinsèques sur le cours d'expérience.....	132
Tableau 16. Objectifs et modalités pédagogiques du cours « Configuration BR ».....	138
Tableau 17. Participants de l'Étude 1.....	139
Tableau 18. Participants (AT en formation) de l'Étude 2 et expérience professionnelle antérieure.	140
Tableau 19: Autoconfrontations réalisées avec les participants de l'Étude 1.	143
Tableau 20 Extrait du protocole à deux volets. F1, séance 1.	144
Tableau 21. Construction locale du cours d'expérience de J (séance 3), signe b+4.	145
Tableau 22. Extrait du protocole à deux volets et construction globale du cours d'action de F1 ($U\mu+49$; $U\mu+50$).	150
Tableau 23. Extrait du protocole à deux volets et construction globale du cours d'action de F1 ($U\sigma+3$).	151
Tableau 24. Extrait du protocole à deux volets - F1.....	151

Liste des Tableaux

Tableau 25. Extrait du protocole à deux volets et construction globale - F2 : machine de chargement. ...	153
Tableau 26. Extrait du protocole à deux volets – F1.....	154
Tableau 27. Extraits des verbalisations en formation, en autoconfrontation et de la construction globale des deux formateurs.....	160
Tableau 28. Construction locale du cours d'expérience de F2 (Séance 1, signe v+14).....	163
Tableau 29. Faisceau de Préoccupations de F1 et F2 pendant qu'ils racontaient l'anecdote de travail sur l'entrée en puissance lors de chacune des trois séances de formations.....	165
Tableau 30. Exemples de types participant à la construction d'une culture de métier d'AT, une culture nucléaire et une culture de métier d'AT dans le nucléaire.....	168
Tableau 31. Construction locale du cours d'expérience de J (séance 3), signe b+4.	169
Tableau 32. Extrait de l'analyse locale de J, signes $\xi+3$ et $\xi+4$	171
Tableau 33. Extrait des verbalisations en autoconfrontation et analyse locale du cours d'action d'An, signe $\zeta+3$	172
Tableau 34. Mise en relation de nouveaux types et de types déjà construits (tiré des signes 42 et 43). ...	173
Tableau 35. Construction locale du cours d'expérience d'An. Signe $\lambda+4$	176
Tableau 36. Construction locale Os (signe $\xi+40$, signe $\xi+41$).	178
Tableau 37. Extrait du cours d'expérience d'Os, signe $\xi+8$	183
Tableau 38. Extrait de la construction locale de Sp, signe $\lambda+5$	184
Tableau 39. Récapitulatif des pistes de transformation proposées pour le dispositif Vi ² BR.	190
Tableau 40. Ensemble des participants stagiaires de l'Étude 2.....	206
Tableau 41. Récapitulatif des différentes étapes de chacune des trois générations du dispositif Scénario-enquête.	209
Tableau 42. Durée et nombre d'enregistrements vidéo par séance de formation.	215
Tableau 43. Durée des entretiens d'autoconfrontation avec les participants.	215
Tableau 44. Protocole à deux volets, extrait corpus Q.....	218
Tableau 45. Extrait de la construction du cours d'expérience de Vn - recherche de la vanne ABC.....	222
Tableau 46. Macro-séquences et séquences de la série (S1) « Réaliser la navigation scénarisée et suivre les consignes ».	223
Tableau 47. Macro-séquences et séquences de la série (S1) « Réaliser la navigation scénarisée et suivre les consignes ».	238
Tableau 48. Extrait de l'analyse locale de Q lors de l'enquête opportuniste de la porte de liaison.	241
Tableau 49. Extrait de l'autoconfrontation de V1.....	243
Tableau 50. Séquences de la macro-séquence « Comprendre ce qui est demandé par les consignes ». ...	244

Liste des Tableaux

Tableau 51. Séquences constituant la macro-séquence "Rechercher l'organe concerné par les consignes".	246
Tableau 52. Séquences constituant la macro-séquence "Répondre aux questions et imaginer l'intervention.	247
Tableau 53. Séquences constituant la macro-séquence "préparer le débriefing".	249
Tableau 54. Signe hexadique lors du début de la recherche de l'armoire électrique par T.	251
Tableau 55. Extrait des verbalisations en situation de formation, Y et Vn.	253
Tableau 56. Inférences et correspondance avec les composantes du signe hexadique.....	257
Tableau 57. Correspondance entre la mobilisation des différents types et les déductions et abductions faites par Q.	259
Tableau 58. Extrait de la construction locale du cours d'action de Q pendant la recherche de la vanne FGH079VN.	262
Tableau 59. Extrait du cours d'expérience de S1 - point chaud.....	270
Tableau 60. Extrait du Récit Réduit du formateur lors de la manœuvre des maquettes (séance 3).	271
Tableau 61. Extrait des verbatim de trois acteurs (F3, V1 et Q) des AC, correspondant au moment où F3 demande la position de sécurité d'une vanne pneumatique (séance 3).	273
Tableau 62. Extrait du Récit Réduit de T (séance 5).....	276
Tableau 63. Verbalisations du formateur lors de la réunion de préparation. Choix d'une vanne à commande déportée.	293
Tableau 64. Extrait des verbalisations du formateur lors de la réunion de préparation du dispositif.....	295
Tableau 65. Extrait AC, F3, séance 5.	297
Tableau 66. Participants à l'étude NaRé.	316
Tableau 67. Présentation du déroulement du dispositif NaRé.....	317
Tableau 68. Durée du dispositif pour chacune des quatre séances.....	319
Tableau 69. Extrait du corpus de données pour P2 lors du dispositif NaRé.	322
Tableau 70. Extrait du Récit Réduit du cours d'expérience de P1.	322
Tableau 71. Extrait de Narration - P1.....	323
Tableau 72. Extrait de verbalisations et actions de P1 pendant le dispositif NaRé.....	346
Tableau 73. Extrait du cours d'expérience de P1 pendant l'intervention et pendant le dispositif NaRé....	348
Tableau 74. Extraits de la construction du Récit Réduit de P3, complété par quelques composantes du signe hexadique.	354
Tableau 75. Éléments langagiers révélant l'expression de la conscience préreflexive de l'acteur pendant le dispositif.	367

Liste des Tableaux

Tableau 76. Démarche d'ergonomie des situations de formation adaptée à chacune des trois études de la recherche.	394
---	-----

GLOSSAIRE

ABREVIATIONS

AT : Agent de Terrain
AC : Autoconfrontation
ALARA : As Low As Reasonably Achievable
APG : Purge des générateurs de vapeur
ARE : Alimentation Normale des générateurs de vapeur
ASG : Alimentation de Secours des générateurs de vapeur
BR : Bâtiment réacteur
CA : Condamnation Administrative
CE : Chef d'Exploitation
CNPE : Centre Nucléaire de Production d'Électricité
EDF : Électricité De France
EIAH : Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain
EV : Environnement Virtuel
EVAH : Environnement Virtuel pour l'Apprentissage Humain
GV : Générateur de Vapeur
HMT : Haute Maîtrise Terrain
ManuReVa : Réalité Virtuelle et Augmentée pour la Manutention.
NaRé : Navigation - Récit
REX : Retour d'EXpérience
RF : Repère Fonctionnel
RV : Réalité Virtuelle
SE : Scénario enquête
TPL : Tourner Pousser Lumineux
UFPI : Unité de proFessionnalisation pour la Performance Industrielle
Vi²BR : Visualisation Virtuelle du Bâtiment Réacteur
VVProPrepa : Visite Virtuelle Professionnelle pour la Préparation

GLOSSAIRE TECHNIQUE

Accumulateur RIS (accu RIS) : Les accumulateurs RIS sont des réservoirs sous pression se vidant automatiquement dans le circuit de refroidissement du réacteur, lorsque sa pression est anormalement basse.

ALARA -Point ... : Un point ALARA est un emplacement en Zone Contrôlée (dans le bâtiment réacteur par exemple) où les risques pour les intervenants sont « As Low As Reasonably Achievable », aussi faible que possible. Ils peuvent y contacter l'extérieur du bâtiment, consulter des documents, ... sans limitation de durée.

APG : Système de Purge des Générateurs de Vapeur.

ARE : C'est le système qui gère l'alimentation normale en eau des Générateurs de Vapeur, pour pouvoir évacuer la chaleur produite par le réacteur.

Arrêt de Tranche : Un arrêt de tranche est l'arrêt programmé tous les 12 ou 18 mois pour la maintenance et le rechargement du combustible.

ASG : C'est le système qui gère l'alimentation de secours en eau des Générateurs de vapeur, en cas de défaillance du système ARE, pour pouvoir évacuer la chaleur produite par le réacteur

Bâtiment Réacteur (BR) : c'est le bâtiment de la centrale dans lequel se trouvent la cuve du réacteur et l'ensemble du circuit primaire. Quand la tranche est en marche, le Bâtiment Réacteur n'est pas accessible. Quand le réacteur est à l'arrêt, il faut rester à l'intérieur le moins longtemps possible, car le cœur du réacteur continue à être radioactif.

Chaîne KRT : Les chaînes KRT sont les matériels utilisés pour mesurer la radioactivité à différents endroits de la tranche (dans le bâtiment réacteur, sur le circuit APG, ...).

Chantier-école - maquettes du ... : tous les équipements, vannes, pompes, tuyauteries, présentes dans le chantier-école sur lesquels les intervenants peuvent s'entraîner.

Chantier-école : espace de formation sécurisé avec un ensemble de tuyauteries, vannes et systèmes élémentaires agencés de manière à représenter des chantiers d'exploitation. Les chantiers-écoles sont destinés aux intervenants pour acquérir et s'entraîner aux gestes techniques de la maintenance et aux règles de base de la sécurité au travail.

Circuit primaire : le circuit hydraulique qui contient le combustible nucléaire et l'eau de refroidissement.

Condamnation Administrative : Il s'agit d'une disposition organisationnelle permettant de garantir qu'un organe important pour la sûreté du réacteur se trouve bien en position attendue, via la pose de cadenas empêchant la manœuvre par exemple. Le suivi des CA est de la responsabilité du Chef d'Exploitation.

Confinement : Le confinement du Bâtiment Réacteur est l'une des trois barrières qui protègent l'environnement contre une fuite de produits radioactifs en cas d'accident. Concrètement, le confinement est assuré par l'enceinte en béton armé qui protège le bâtiment réacteur.

Équipes de Conduite : aussi appelées équipes de quart, à cause de leur emploi du temps qui est organisé en roulements postés (matin, journée, nuit). Ce sont les équipes qui sont présentes en salle de commande 24h/24, 7j/7 pour assurer le pilotage du réacteur.

Espace annulaire : Local qui fait le tour du bâtiment réacteur le long de l'enceinte et qui permet de circuler tout en se protégeant des rayonnements ionisants. L'espace annulaire existe à presque tous les niveaux.

Fond plein de piscine : « bouchon » posé en fond de piscine lors des phases d'arrêt du réacteur pour permettre le remplissage de la piscine et les manutentions de combustible sous eau. Lorsque le réacteur est en production, le fond-plein doit être retiré pour permettre à l'eau ruisselant en fond de piscine de s'écouler vers les puisards aux niveaux inférieurs et éviter d'endommager les éléments électroniques branchés sur le couvercle de la cuve.

Gros matériel : dénomination utilisée couramment par les gens du terrain en faisant référence aux principaux composants du circuit primaire (circuit dans lequel a lieu la réaction nucléaire) par exemple la cuve, les générateurs de vapeur, les accus RIS, les groupes motopompes primaires, le pressuriseur.

GV : Générateur de Vapeur. Gros Composant de la centrale à la frontière entre le circuit primaire et le circuit secondaire. C'est un échangeur de chaleur qui permet d'évacuer la puissance du réacteur vers la turbine.

MIP 10 : Instrument de mesure de dosimétrie.

MSDG : Machine de Serrage et Desserrage des Goujons. Gros appareil qui sert à dévisser le couvercle de la cuve du réacteur.

Palier : on appelle « paliers » les différents modèles de réacteurs correspondant à leur époque de construction et à une puissance fournie (paliers 900 MW (CPY/0/1/2), 1300 MW (P4/P'4), N4 (1400 MW) et EPR, centrale en construction.

Pancarte de consignation : Feuille de papier au format A5 attachée à un matériel pour symboliser son retrait de l'exploitation, il doit être figé dans une position indiquée sur la pancarte de consignation. Les périodes d'arrêt de tranche voient beaucoup de mouvements de consignations de matériels.

Primo-intervenant : Travailleur qui ne dispose pas d'expérience récente sur l'activité qu'il doit réaliser.

Quart : Le réacteur fonctionnant 24h/24, il est nécessaire d'avoir en permanence une équipe de conduite en salle de commande. Les équipes de conduite ont un roulement en 3x8 que l'on appelle des Quarts. Le quart de matin dure de 6h à 14h, le quart d'après-midi de 14h à 22h, et le quart de nuit de 22h à 6h.

Repère fonctionnel : Le repère fonctionnel d'un organe est son « numéro d'identité » grâce auquel les intervenants peuvent identifier son type, le système auquel il appartient, la fonction à laquelle il contribue et sa position relative sur le circuit.

Repère Fonctionnel -Étiquette de ... : Plaquette de plastique gravé portant le numéro du repère fonctionnel de l'organe où elle est accrochée.

Schéma mécanique : un schéma mécanique représente la façon dont les organes sont positionnés sur le circuit les uns par rapport aux autres.

Système Élémentaire : Famille d'organes contribuant à la réalisation d'une fonction de la centrale. Par exemple, le Système Élémentaire RCP regroupe tous les composants du circuit primaire.

TPL : Tourner, Pousser, Lumineux. Un organe de commande présent en centrale. Pour donner un ordre à un matériel, il faut 1) tourner le bouton vers la configuration souhaitée, 2) pousser le bouton pour envoyer le signal, et 3) attendre que le bouton ait fini de clignoter, ce qui indique que le matériel est dans la configuration indiquée par l'orientation du bouton.

Tranche : une tranche est unité de production comprenant l'ensemble des installations, le bâtiment réacteur, le bâtiment combustible, la salle des machines et les systèmes de refroidissement, ... Une centrale nucléaire comporte de 2 à 6 tranches selon les sites.

Tranche –Arrêt de ... : un arrêt de tranche est une période où la production d'un réacteur nucléaire est interrompue. Ces arrêts ont trois objectifs majeurs : recharger le réacteur avec du combustible neuf, inspecter l'installation pour vérifier la sûreté et réaliser la maintenance nécessaire. Il existe 3 types d'arrêts de tranche : les ASR (arrêts pour rechargement), les VP (maintenance) qui ont lieu tous les 18 mois ou 3 ans, et les VD (visites décennales). Tous les dix ans, chaque réacteur nucléaire est entièrement visité pendant 3 à 4 mois pour procéder à des modifications de matériels. À la fin des VD, l'ASN fait une inspection de sûreté pour donner son autorisation pour exploiter la centrale jusqu'à la prochaine VD.

Traversée Enceinte : Une « Traversée Enceinte » est une section de tuyauterie qui relie l'intérieur du bâtiment réacteur aux autres bâtiments. Elle traverse l'enceinte de confinement et est à ce titre particulièrement importante pour le confinement des substances radioactives dans le bâtiment réacteur. Toutes les traversées enceintes sont dotées de plusieurs organes d'isolement.

UFPI : Unité de proFessionnalisation pour la Performance Industrielle. Entité d'EDF en charge de la formation technique des métiers de la production nucléaire et hydraulique.

Vanne à Commande Déportée : c'est une vanne dont le système d'ouverture / fermeture (volant manuel par exemple) se trouve dans un local différent du reste du corps de la vanne.

Vanne - Position de sécurité d'une ... : position dans laquelle la vanne va se retrouver s'il y a une rupture dans son alimentation. La position de sécurité est soit « ouverte », soit « fermée ».

VVProPrepa : Visite Virtuelle Professionnelle pour la Préparation. EV utilisé pour cette recherche.

Zone Rouge : Une Zone rouge est un espace où les interventions sont soumises à autorisation d'EDF et doivent avoir un caractère exceptionnel, en raison des risques liés à la radioactivité à cet endroit.

SUMMARY

This thesis reports on a research on the use of virtual environments in professional training. This research builds on the empirical and technological “course-of-action” program, which articulates two aims: (i) producing concepts on human activity and (ii) designing training situations that promote significant transformations in the activity of both trainers and trainees. It was carried out in the context of the professional development of nuclear power plants field operators using a training virtual environment representing the reactor building. The ergonomic analysis of training situations undertaken in this research took the form of multiple iterative loops of trainers and trainees course-of-action analysis. The empirical results thereby obtained give rise to the redesign of each training setups in an incremental process.

Three training setups were designed, tested and analyzed: (i) a classroom course during which the trainers used the virtual environment (ii) a session during which the trainees used the virtual environment to carry out inquiries and (iii) a dedicated setup providing support to newly qualified field operators for their first interventions in the reactor building. Twenty-four trainers and trainees participated in this research; five methods of data construction combined observations of training situations and various methods of verbalization (self-confrontations, simultaneous, re-situational interviews based on records of activity). The results show (i) typical structures of different levels in the organization of the activity of trainers and trainees when using the virtual environment in a training situation, together with (ii) typical experiences of reenactment, projection to future work situations and dynamic story plotting. Technological results were achieved through the redesign of each of the three training setups, while also giving rise to redesign proposal of the virtual environment itself.

The discussion offers the opportunity to (i) examine the reenactment from the point of view of productive imagination, by explaining the role of the virtual environment images, (ii) underline the role of abductions in the learning/development dynamics and the relevance of “laboratories of curiosities”, and (iii) propose a methodological experiment enhancing the Observatory of the course-of-action program: the re-situating interviews based on artificial traces proposed by the virtual environments. A second range of discussion focusing on technology suggests three design principles of training situations using virtual environments: (i) facilitating augmented reflexivity, (ii) supporting the extension of semiosis and encouraging abductions, and (iii) encouraging mimetic experience. The discussion concludes with an extension of the ergonomic analysis of training situations approach and an opening towards design-based research in education.

Keywords: Virtual learning environment, design of professional training situations, ‘course of action’ research programme, field operators, nuclear power plants.

RÉSUMÉ

Cette thèse rend compte d'une recherche portant sur l'utilisation d'environnements virtuels en formation professionnelle. Cette recherche est conduite en référence au programme empirique et technologique du « cours d'action » qui articule une double visée : (i) la production de connaissances sur l'activité humaine et (ii) la conception de situations de formation favorisant des transformations majorantes dans l'activité des acteurs (formateurs et formés). Elle a été menée dans le contexte industriel de la professionnalisation des agents de terrain dans les centrales nucléaires, et prend appui sur un environnement virtuel représentant le bâtiment réacteur. La démarche adoptée est celle d'une ergonomie des situations de formation, qui se concrétise par plusieurs boucles itératives d'analyse de l'activité des acteurs (formés et formateurs) en situation de formation et de re-conception de la situation, à partir des résultats empiriques.

Trois dispositifs de formation ont été co-conçus, expérimentés et analysés : un cours en salle durant lequel les formateurs ont utilisé l'environnement virtuel (Vi²BR), une séance durant laquelle les stagiaires ont utilisé l'environnement virtuel pour réaliser des enquêtes (Scénario-enquête), et un dispositif d'accompagnement des agents de terrains récemment habilités lors des premières interventions dans le bâtiment réacteur (NaRé). Vingt-quatre formateurs et formés ont participé à cette recherche, et cinq méthodes de construction de données ont été mobilisées (i) des observations filmées des situations de formation, (ii) des autoconfrontations, (iii) des autoconfrontations de second niveau, (iv) des verbalisations simultanées et interruptives, et (v) des entretiens de remise en situation à partir de traces de l'activité.

Les résultats font état (i) des structures typiques de différents niveaux dans l'organisation du cours d'action et cours d'expérience des formateurs et stagiaires lors de l'utilisation de l'environnement virtuel en situation de formation, ainsi que (ii) des expériences-type de *reenactment*, de projection aux futures situations de travail et de mise en intrigue dynamique. Les avancées technologiques se sont concrétisées *par* et portent *sur* la re-conception de chacun des trois dispositifs de formation, tout en donnant lieu également à des pistes de re-conception de l'environnement virtuel lui-même.

La discussion des résultats empiriques permet (i) d'examiner le *reenactment* sous le regard de l'imagination productive en explicitant la place des images (de l'environnement virtuel), (ii) de souligner le rôle des abductions dans la dynamique d'apprentissage/développement et l'intérêt des « laboratoires de curiosités », ou encore (iii) de proposer un essai méthodologique pour l'Observatoire du programme du cours d'action : l'entretien de remise en situation à partir de traces artificielles proposées par les environnements virtuels. Un second niveau de discussion technologique permet de proposer trois principes de conception de situations de formation mobilisant des environnements virtuels : (i) l'aide à la réflexivité augmentée, (ii) l'aide à l'extension de la sémiologie et l'encouragement des abductions, et (iii) l'encouragement à l'expérience mimétique. La discussion se conclut par une extension de la démarche d'ergonomie des situations de formation, et une ouverture en direction des recherches *Design-Based* en éducation.

Mots-clefs : ergonomie des situations de formation, environnements virtuels, agents de terrain, industrie nucléaire, conception de situations de formation professionnelle, programme de recherche cours d'action.