



Didactique de la conception

John Didier, Nathalie Bonnardel, Raquel Becerril Ortega, Anne Clerc-Georgy,
Marjolaine Chatoney, Denis Choulier, Marianne Chouteau, Sophie Farsy,
Joëlle Forest, Fabrice Gunther, et al.

► To cite this version:

John Didier, Nathalie Bonnardel, Raquel Becerril Ortega, Anne Clerc-Georgy, Marjolaine Chatoney, et al.. Didactique de la conception. John Didier; Nathalie Bonnardel. Université de technologie de Belfort-Montbéliard, 2020, Coédition UTBM - HEP Vaud, Michel Olinga, 979-10-91901-39-0. hal-04206152

HAL Id: hal-04206152

<https://hal.science/hal-04206152>

Submitted on 13 Sep 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.

Public Domain

Didactique de la conception

Sous la direction de
John Didier et Nathalie Bonnardel



 utbm

hep/
haute
école
pédagogique
vaud

COÉDITION

UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE BELFORT-MONTBÉLIARD / HAUTE ÉCOLE PÉDAGOGIQUE VAUD

Didactique de la conception



Cet ouvrage fait partie de la collection
Coédition : UTBM – HEPv

Diffusion en France : FMSH-Diffusion

Didactique de la conception

**Sous la direction de
John Didier et Nathalie Bonnardel**

Unité d'enseignement et de recherche didactiques de l'art et de la technologie,
Haute Ecole Pédagogique Vaud, laboratoire CREAT.
Centre de recherche PSYCLE (UR 3273) & InCIAM, Aix-Marseille Université

Sommaire

Sommaire

INTRODUCTION

L'activité de conception et sa didactisation..... 13

*John Didier, Haute Ecole Pédagogique Vaud, Unité d'enseignement et de recherche didactiques de l'art et de la technologie, Laboratoire Création et Recherche dans l'Enseignement des Arts et de la Technologie (CREAT) et **Nathalie Bonnardel**, Aix-Marseille Université, Centre de recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'Emotion (PSYCLE, UR3273) & Institut Créativité et Innovation d'Aix-Marseille (InCIAM)*

CHAPITRE 1

Proposition d'un référentiel de compétences en conception..... 33

Denis Choulier, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, Département IMSI/Spécialité systèmes industriels, Pôle industrie 4.0

CHAPITRE 2

Activités de conception créatives :

nouvelles perspectives dans la formation des enseignants..... 53

*John Didier, Haute Ecole Pédagogique Vaud, Unité d'enseignement et de recherche didactiques de l'art et de la technologie, CREAT et **Nathalie Bonnardel**, Aix-Marseille Université, PSYCLE (UR3273) & InCIAM.*

CHAPITRE 3

Concevoir en donnant du sens à l'innovation : l'approche P.S.I..... 73

Marianne Chouteau, Joëlle Forest et Céline Nguyen, INSA Lyon, Centre des Humanités S2HEP (EA4148)

CHAPITRE 4

L'énonciation et le dialogue :

processus d'apprentissage et compétence professionnelle de conception	91
<i>Éric Tortochot, Christophe Moineau et Sophie Farsy, Aix Marseille Université, Laboratoire Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation (ADEF, UR4671), Université de Nîmes, PROJEKT (UR7447)</i>	

CHAPITRE 5

Concevoir en activités créatrices manuelles : un levier pour générer des gains développementaux et des habiletés métacognitives chez les élèves ?

	117
<i>Daniel Martin, Haute Ecole Pédagogique Vaud, Unité d'enseignement et de recherche, enseignement, apprentissage et évaluation, Laboratoire Lausannois Lesson Study (3LS) et Anne Clerc-Georgy, Haute Ecole Pédagogique Vaud, Unité d'enseignement et de recherche, enseignement, apprentissage et évaluation, Groupe Intervention et Recherche sur les Apprentissages fondamentaux (GIRAF)</i>	

CHAPITRE 6

Dialectique activité et développement dans la conception

de situation-problème en formation	135
<i>Grégory Munoz, Université de Nantes, Centre de Recherche en Education de Nantes (CREN, UR2661) et Olivier Villeret, Structure fédérative Opéen & ReForm : Observation des pratiques éducatives et enseignantes, de la recherche à la formation</i>	

CHAPITRE 7

La notion de système d'instruments en formation de conception d'artefacts	159
<i>Alex Sandro Gomes, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática (CIn UFPE) et Grégory Munoz, Université de Nantes, Centre de recherche en éducation de Nantes (CREN, UR2661)</i>	

CHAPITRE 8

Les outils de l'analyse fonctionnelle :

Artefacts pour comprendre les systèmes techniques	175
<i>Marjolaine Chatoney et Fabrice Gunther, Aix-Marseille Université, Laboratoire Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation (ADEF, UR4671)</i>	

CHAPITRE 9

Analyse de l'activité d'élèves dans une tâche de conception d'objet en éducation technologique.....

	193
<i>Patrice Laisney et Jean-François Hérol, Aix-Marseille Université, Laboratoire Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation (ADEF, UR4671)</i>	

CHAPITRE 10

Les activités de conception en formation :

Analyse micro-didactique de deux séances de conception-réalisation

en enseignement de codes opératoires en génie mécanique 213

Raquel Becerril Ortega, Université de Lille, Laboratoire TRIGONE-CIREL, Centre Interuniversitaire de Recherches en Éducation de Lille, (TRIGONE, UR4354)

CHAPITRE 11

Poésie des rapports et instauration métaphysique

dans l'architecture de Le Corbusier 229

Pierre Litzler, Université de Strasbourg, Faculté des Arts, Laboratoire Approche Contemporaine de la Création et de la Réflexion Artistique (ACCRA, UR3402)

CHAPITRE 12

Apprendre à codécider souverainement

dans une société complexe 251

Yves-Claude Lequin, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, Laboratoire REcherches sur les Choix Industriels, Technologiques et Scientifiques (RECITS)

TABLE DES MATIÈRES 263

Introduction

John Didier et
Nathalie Bonnardel

L'activité de conception
et sa didactisation

Introduction : L'activité de conception et sa didactisation

John Didier et Nathalie Bonnardel

Cet ouvrage collectif se veut, à l'instar de la conception, dans l'oscillation plurielle entre sciences et arts, irrigué par plusieurs ancrages scientifiques complémentaires, à savoir la psychologie cognitive, l'ergonomie, la didactique, les sciences de l'ingénieur, la philosophie, les sciences de l'éducation, l'histoire, le design, l'architecture et la poïétique. Il propose des éclairages spécifiques de l'activité de conception, considérée ici comme une activité complexe qui mobilise différents savoirs particulièrement utiles pour repenser la formation des individus à différents niveaux. Que l'on parle d'experts, de spécialistes en devenir, de novices ou de profanes de la conception, cette activité complexe recèle un potentiel pour le développement de l'humain qui mérite d'être enseigné dès le plus jeune âge. En partant du constat d'Herbert Simon (1974), « les ingénieurs ne sont pas les seuls concepteurs professionnels : quiconque imagine quelques dispositions visant à changer une situation existante en une situation préférée, est un concepteur. L'activité intellectuelle par laquelle sont produits les artefacts matériels n'est pas fondamentalement différente de celle par laquelle on imagine un nouveau plan de vente pour une société, voire une politique sociale pour un État. Ainsi considérée, la conception est au cœur de toute formation professionnelle. Les écoles d'ingénieurs, comme les écoles d'architecture, de droit, de gestion, de médecine ou les écoles normales d'enseignement sont toutes concernées au premier chef par le processus de conception » (p. 73). L'élargissement de la posture de concepteur posée par Simon (1974) aux autres contextes professionnels a su trouver une résonance marquée dans le contexte de la formation des enseignants et des étudiants ou des élèves (BONNARDEL et DIDIER, 2016, 2020 ; DIDIER et LEUBA, 2011 ; DIDIER et BONNARDEL, 2017),

prolongeant ainsi cette « démocratisation » de l'activité de conception à des publics variés (DIDIER, LEQUIN et LEUBA, 2017). Cet ouvrage s'intéresse à ces différents acteurs qui mobilisent la conception lorsqu'ils sont amenés à effectuer des tâches complexes sans procédure préétablie et tout en prenant en compte différents types de contraintes liées à la conception d'un artefact ou d'un système et à ses interactions avec celui-ci. Dans cette perspective, nous soutenons que la conception doit être considérée comme une activité cognitive essentielle au développement de l'être humain et omniprésente dans tout acte de création.

Choulier (2008) nous rappelle que la définition de la conception est relative à l'auteur qui l'emploie et elle n'est pas indépendante de son domaine de recherche. Dès lors, les éclairages théoriques auxquels nous nous référons vont situer cette démarche dans le champ de la formation et de l'enseignement, mais aussi en relation avec les artefacts que nous fabriquons et la manière dont ils nous forment et nous transforment (SIMONDON, 1989). Aussi, le point de vue que nous adoptons sur la conception confère une place importante au développement de l'humain et à sa capacité à apprendre et à se former lors de ce moment de création d'un artefact, à savoir un système artificiel conçu et créé par l'être humain (FOREST, MÉHIER et MICAËLLI, 2005 ; LEBAHAR, 2007 ; LUTZ, HOSTEIN et LÉCUYER, 2004). Pour reprendre les propos de Lebahar (2007), « l'homme conçoit et utilise des artefacts, c'est-à-dire des objets artificiels, depuis les mots qu'il emploie pour désigner les choses ou communiquer ses pensées, jusqu'aux ordinateurs portables, en passant par le peigne, la peinture qui teint et protège les murs de sa maison » (p. 15). Si nous prolongeons cette définition de Lebahar (2007), la conception semblerait se situer au cœur de tout acte de création organisé et planifié en regard des systèmes artificiels que nous créons et avec lesquels nous interagissons.

Imaginer les artefacts et les systèmes d'aujourd'hui et de demain exige de pouvoir les représenter en vue de les matérialiser progressivement. Pour reprendre la définition de Demailly et Lemoigne (1986), « concevoir, c'est dessiner, exprimer un dessein par un dessin ou par une forme ou par un système de symboles [...], c'est créer ou construire quelque modèle symbolique à l'aide duquel on inférera ensuite le réel » (p. 435-436). La conception induit un geste d'externalisation de la pensée qui peut être observé chez des apprenants (mobilisé de manière intuitive et spontanée) ou chez des professionnels ou des experts en devenir (qui possèdent alors les techniques de représentation appropriées). En d'autres termes,

concevoir des objets, des systèmes, des artefacts nécessite d'apprendre à organiser et à structurer sa pensée, à l'extraire de soi pour la rendre visible et compréhensible pour soi-même et pour autrui.

La conception mobilise des phases de recherche, de questionnement, de génération d'idées, de gestion des contraintes, de création d'hypothèses, d'anticipation et de résolution de problèmes, souvent mal définies, qui nécessitent de la part du concepteur la construction progressive d'une représentation mentale de plus en plus complète et précise (ZEISEL, 1981). Les activités de conception requièrent l'expression d'une idée, d'un processus ou la réalisation d'une production qui font intervenir différentes ressources matérielles et symboliques (BONNARDEL, 2006). Elles sont également considérées comme des activités de résolution de problèmes non routiniers, sans aucune procédure prédéfinie de résolution de problèmes et nécessitant l'élaboration d'une procédure nouvelle (BONNARDEL, 2006). Cette activité recèle donc une part de créativité et d'inventivité, reconnues comme complexes et même critiques, compte tenu de leur importance pour définir les caractéristiques principales d'un futur objet (BONNARDEL, 2012 ; CHOULIER, 2008). Le concepteur doit en effet exprimer une idée ou proposer un processus ou la réalisation d'une production, afin de respecter un double critère de nouveauté et d'adaptation au contexte (BONNARDEL, 2000, 2006). Le fait de penser et de représenter les objets et les systèmes qui n'existent pas encore mobilise une activité complexe qui a été observée en contextes professionnels (BONNARDEL, 2009 ; CHOULIER, 2008 ; LEBAHAR, 2007 ; FOREST *et al.*, 2005). Aussi, cet ouvrage ouvre des pistes vers d'autres publics qui sont amenés à concevoir des artefacts et des systèmes dans des contextes de formation.

ACTIVITÉS DE CONCEPTION EN CONTEXTE DE FORMATION

Les travaux portant sur la didactisation de la conception, menés en contextes de formation (BONNARDEL et DIDIER, 2016, 2020 ; DIDIER, LEQUIN et LEUBA, 2017 ; LEBAHAR, 2004), soutiennent que cette activité complexe peut être un levier participant au développement et à l'apprentissage de l'individu. Cette activité permettrait d'associer approches créative, pragmatique et intellectuelle (STERNBERG et GRIGORENKO, 2004). Plus encore, la conception déployée en contexte de formation mobiliserait des capacités participant à l'émancipation de l'individu en le rendant capable de modifier ses points de vue ainsi que sa manière de s'approprier le savoir. Apprendre à concevoir des artefacts et des systèmes artificiels en débutant par la reconception d'objets du quotidien permettrait d'ouvrir de

nouvelles perspectives dans la formation d'acteurs amenés à prendre des décisions et à faire face à des situations complexes associées à de l'incertitude (DIDIER, 2017a). Dans cette logique de « démocratisation » de l'activité de conception, nous proposons de former des élèves, étudiants ou professionnels en cours de formation à la réalisation d'activités de conception dans différents contextes. Pour ce faire, il convient d'orienter les dispositifs de formation, que ce soit dans le cadre de l'école obligatoire, des écoles professionnelles ou de la formation universitaire, afin de former des acteurs capables de modifier, d'améliorer et de repenser des artefacts et des systèmes (simples ou complexes). En cela, être concepteur implique une logique de création de savoirs – et non plus seulement de restitution (GIACCO, DIDIER et SPAMPINATO, 2017 ; DIDIER, GIACCO et CHATELAIN, 2018) – mais aussi d'apprendre à créer des systèmes à l'aide d'une logique de projet (BOUTINET, 2015). Se positionner en concepteur, c'est devenir auteur d'un projet individuel et/ou collectif (DIDIER, 2015a, 2017b ; LEBAHAR, 2004). C'est aussi s'impliquer et être responsable de l'artefact et/ou du système que l'on génère (DIDIER, LEQUIN et LEUBA, 2017).

Parler de didactisation de la conception nécessite dès lors de revenir sur la relation complexe entre les savoirs professionnels et les pratiques sociales de référence. Pour reprendre les propos de Pierre Pastré (2006), le processus de didactisation se spécifie en quatre traits : « Premièrement, l'inscription dans l'institution ; deuxièmement, la progression dans les apprentissages ; troisièmement, la décomposition et la recomposition de la pratique de référence ; quatrièmement, la production d'un savoir théorique sur la pratique » (HABBOUB, LENOIR et TARDIFF, 2008, p. 23). Les pratiques professionnelles qui mobilisent l'activité de conception peuvent donc être abordées au gré de ces différents chapitres en vue de mieux identifier et développer des savoirs professionnels. Au niveau de l'enseignement professionnel et technique, la spécificité des contenus des enseignements consiste à se dissocier des disciplines scolaires traditionnelles, car celles-ci n'évoluent pas assez rapidement (PELPEL, 1996). Les savoirs spécifiques mobilisés lors de la démarche de conception nous amènent donc à privilégier une centration sur l'activité plutôt que sur les savoirs, « parce que la manière habituelle que nous avons de concevoir les rapports entre activité et savoir est généralement calquée sur la manière dont on comprend les rapports entre théorie et pratique – la pratique comme simple application de la théorie –, ce qui revient à ignorer toute la dimension constructive et créatrice de l'activité humaine. Si on pense que la pratique ne sert qu'à appliquer une théorie préalablement constituée, on risque de négliger la dimension constructive et créatrice de l'activité, même si celle-ci reste

par bien des côtés énigmatique, car elle échappe en grande partie à la conscience des acteurs » (PASTRÉ, 2008, p. 56). La mise en évidence de la dimension constructive et créatrice de l'activité de conception offre de nouvelles clés de compréhension pour la formation à la conception. De plus, elle concourt à mieux cerner cette « conscientisation » des différents acteurs amenés à concevoir. En cela, cette centration sur l'activité nécessite de revenir sur le rôle majeur de la didactique professionnelle. Celle-ci positionne son cadre conceptuel, à côté du constructivisme piagétien et du socioconstructivisme vygostkien, complété par les apports de la didactique disciplinaire, de la psychologie du travail et de l'ergonomie cognitive (HABBOUB, LENOIR et TARDIFF, 2008, p. 30). En complément, cet ouvrage donne également la parole aux sciences de l'ingénieur, à la philosophie, à l'histoire, au design, à l'architecture et à la poïétique qui questionnent à leur tour cette relation entre activité de conception, formation et transmission des savoirs professionnels et des pratiques sociales de référence. Un autre aspect prépondérant qui a participé à l'orientation de nos travaux de recherche sur l'activité de conception nous a permis de mettre en lumière le rôle de sa dimension créative. En effet, la dimension créative de l'activité de conception a particulièrement été approfondie dans certains de nos travaux (BONNARDEL 2000, 2004, 2006, 2009) qui souligne le fait que : ces activités sont orientées vers l'atteinte d'objectifs de départ peu spécifiés (SIMON, 1973) ; se développent dans des situations où différents types de contraintes doivent être respectées (BONNARDEL, 1989) ; dépendent du contexte dans lequel elles ont lieu (GERO, 1998) ; requièrent une certaine créativité (BONNARDEL, 2000 ; BONNARDEL et LUBART, 2019) ainsi que l'affinement progressif de la représentation mentale du problème de conception (SIMON, 1995) ; sollicitent une activité mentale qui intervient en interaction avec l'élaboration d'une représentation externe, telle qu'un dessin ou une maquette (SCHÖN, 1983) ; peuvent être mises en œuvre différemment selon le niveau d'expertise dans le domaine (BONNARDEL et MAMÈCHE, 2004, 2005). De plus, afin de favoriser l'introduction des activités de conception créatives en contexte de formation, il convient d'être attentif à un enseignement propice au développement de la créativité.

QUEL ENSEIGNEMENT PRIVILÉGIER POUR FORMER DES CONCEPTEURS ?

Traditionnellement associée aux sciences de l'ingénieur, la conception renvoie à une démarche construite autour de modèles, tout en se définissant comme l'étude des processus par lesquels un sujet produit une connaissance spécifique à partir de son projet (SIMON, 1974). Aussi, le

besoin de contextualiser la conception en regard d'un champ de connaissances nous rappelle qu'une partie de la démarche de conception ne relève pas de la science, mais d'une « composante artistique » de la conception qui permet de rendre compte de l'émergence et de la structuration de cette démarche (PERRIN, 2001). La démarche de conception nous renvoie à la fois au processus de pensée mobilisé par l'humain, à son externalisation à l'aide d'esquisses et d'artefacts, mais également à sa relation directe avec la réalisation. L'introduction des activités de conception créatives dans des contextes de formation nous amène à mettre en évidence son caractère constructif pour l'apprenant qui doit mobiliser différentes capacités transversales lors de la conception et de la réalisation d'artefacts ou de systèmes. Le développement de la créativité à travers les activités de conception mobilise en effet différentes capacités transversales, telles que la création d'hypothèses, l'anticipation, la gestion de contraintes, la prise de décision et la communication (BONNARDEL et DIDIER, 2016 ; DIDIER et BONNARDEL, 2017).

L'implémentation des activités de conception créatives dans la formation des enseignants s'est effectuée en fonction du modèle théorique « Conception – Réalisation – Socialisation » (DIDIER et LEUBA, 2011 ; DIDIER, 2017b, 2018) dans le cadre de la formation. Selon ce modèle théorique, l'activité de conception constitue une phase d'analyse et de recherche, centrale dans le processus de création, qui entraîne l'apprenant à anticiper la réalisation d'un produit. Ce modèle se caractérise par trois temporalités distinctes : la conception, la réalisation et la socialisation. L'activité de conception amène l'individu à anticiper la phase de socialisation du produit, où celui-ci va être reçu et utilisé par un usager, en s'implantant dans un contexte précis. Nous considérons cette phase comme une activité de « socialisation » du produit ou du projet. En lien avec ce modèle théorique, l'individu est amené à se familiariser avec l'analyse fonctionnelle d'un artefact ou d'un système technique à concevoir et à réaliser.

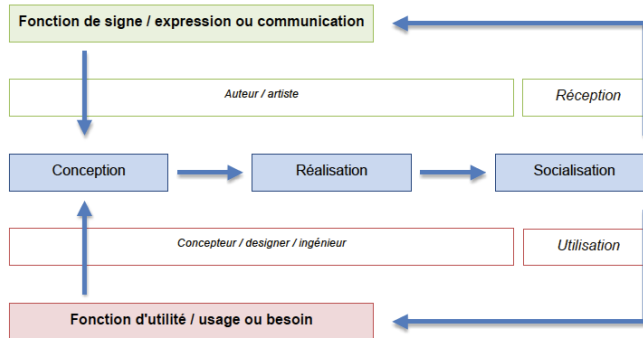


Figure 1. Modèle théorique : Conception – Réalisation – Socialisation.

La plus-value de ce modèle se fonde sur une anticipation de l'action (PASTRÉ, 2011 ; PIAGET, 1974). L'anticipation de l'activité de socialisation comme point de départ de l'activité de conception permet à l'individu de comprendre et de définir le contexte de réception et/ou d'utilisation du produit. L'individu s'habitue ainsi à identifier les caractéristiques de tout système complexe. Selon ce modèle, en accord avec Deforge (1990), ce modèle propose une distinction fonctionnelle entre le processus de fabrication et la démarche employée : « Il y a œuvre quand la fonction de signe l'emporte sur la fonction d'utilité et/ou quand il y a apparence pour le consommateur de singularité, il y a produit quand la fonction d'utilité l'emporte sur la fonction de signe et/ou quand il y a apparence (pour le consommateur) de banalité » (DEFORGE, 1990, p. 20). En effet, la conception d'objets ou de systèmes techniques induit la gestion d'environnements qui évoluent en fonction de leur dynamique propre (PASTRÉ, 2011). Il n'est pas possible de procéduraliser l'ensemble des tâches complexes qui interviennent et, de ce fait, l'action du concepteur suppose un haut degré de conceptualisation qui implique notamment de l'anticipation et du diagnostic (PASTRÉ, 2011).

À partir de cette distinction, deux démarches sont spécifiées dans ce modèle théorique pour pouvoir développer une créativité appliquée dans des contextes précis. La démarche d'auteur/artiste qui élabore un objet avec une fonction de signe répondant à une expression ou en vue d'une communication à autrui. La démarche de concepteur/designer/ingénieur qui conçoit un objet à fonction d'utilité répondant à un usage ou à un besoin.

Les deux spécificités de ces postures professionnelles alimentent l'activité de conception, de réalisation et de socialisation de l'œuvre ou du produit (DIDIER, 2015b). Dans les contextes de formation, la mise en application de ce modèle permet à l'apprenant de s'approprier une posture de concepteur et d'identifier à la fois les contraintes du produit, lors de sa réception, mais également de son usage. La boucle de ce modèle orientée sur la fonction de signe (DEFORGE, 1990) de l'objet amène l'individu à endosser une démarche plus artistique et donc à s'exprimer en exploitant un langage expressif, symbolique et esthétique, en lien avec le contexte de réception et les effets qu'il souhaite provoquer chez l'utilisateur. La dimension symbolique transitant par les différents sens est employée sciemment dans le but de provoquer un contexte de réception paramétré par l'individu. Les facteurs expressifs, communicationnels, du produit sont donc conçus, planifiés, anticipés, décidés et exprimés dans la boucle du haut. La boucle du bas fait référence aux démarches professionnelles liées à l'ingénierie, au design, aux fonctions d'utilité et d'usage (DEFORGE, 1990) et elles s'inscrivent dans une activité technologique (LUTZ, HOSTEIN et LÉCUYER, 2004). Les contraintes liées au choix des techniques, des matériaux et à la dimension ergonomique sont pensées dans cet espace du modèle. La démarche du concepteur/designer se situe à mi-chemin entre les deux boucles étant donné que la conception d'un projet en design prend en compte les deux types de démarches. Le produit doit se démarquer des autres par sa dimension communicationnelle et exprimer un point de vue singulier en fonction du contexte de réception. De même, toute la dimension ergonomique du produit intégrant les facteurs liés à la réalisation et à son usage doit être pleinement réfléchie. La mise en application de ce modèle permet à l'individu de mobiliser des processus de pensée divergente, de pensée convergente et de flexibilité cognitive, en fonction des différentes contraintes induites par les différentes phases et par les deux boucles. De cette manière, l'apprenant apprend à se confronter à la création de systèmes, qu'ils soient simples ou complexes.

CONCEPTION ET CONCEPTUALISATION

L'introduction des activités de conception dans le cadre de la formation introduit une centration sur l'activité de réflexion située en amont de la réalisation (BONNARDEL et Didier, 2016, 2020 ; DIDIER et BONNARDEL, 2015, 2017). Dans cette phase, l'analyse et la problématisation du problème induisent une phase de représentation et de modélisation des différents éléments de la situation à traiter. L'activité constructive, orientée sur l'apprentissage

intentionnel (PASTRÉ, 2006) lors de la production de l'objet technique, sert de support aux apprentissages dans une visée intentionnelle. Celle-ci oriente la mobilisation des ressources vers une transformation en savoirs qui peuvent être mobilisés et transférés dans d'autres situations. Dans cette logique, nous pourrions postuler que l'activité de conception associée à une conceptualisation dans l'action (PASTRÉ, 2006, 2008, 2011 ; PIAGET, 1974) donnerait lieu à un « *learning by designing* » (*apprentissage par la conception*). Les indices permettant de parler de conceptualisation se caractérisent par : des processus d'équilibration de l'action ; l'importance du but et des résultats qui permettent de corriger les opérations antérieures ; l'importance des échecs qui amènent à poursuivre la recherche de la coordination de l'action ; l'importance des réussites en vue de les rendre renouvelables et durables (PASTRÉ, 2011). En d'autres termes, conscientiser l'anticipation précédant la réalisation permet d'aller au-delà de la réussite de l'action pour accéder à une compréhension de celle-ci (PIAGET, 1974). De ce fait, l'analyse *a posteriori* des activités de conception engendre une coordination conceptuelle, une mise en évidence de schèmes opérationnels (organisation des invariants et généralisation), une transformation du réel ainsi que de sa représentation qui participe à une anticipation du futur, du lointain et du virtuel (PASTRÉ, 2006, 2011). La conception induit de la part du concepteur un phénomène de représentation mentale qui constitue pour Piaget (1945) une réelle construction active de la part du sujet, voire l'élaboration d'images opératives (OCHANINE, 1981). Cette coordination conceptuelle peut être abordée dans le cadre de l'anticipation liée à la prévision des différents usages de l'artefact ou des systèmes à concevoir. La conception devient un levier pour apprendre à conceptualiser dans des situations concrètes où l'apprenti-concepteur apprend à effectuer des tâches complexes.

Les différents auteurs de cet ouvrage collectif et interdisciplinaire vont se saisir de cette activité complexe et proposer des clés de lecture pour mieux expliciter les relations entre production, formation, transmission et développement professionnel.

CHAPITRE 1. Denis Choulier nous rappelle la complexité et la difficulté pour définir la conception et il établit un référentiel des compétences en conception. Les compétences multiples mobilisées pendant l'activité de conception sont abordées aux niveaux macro-, méso- et microscopique du processus en s'appuyant sur un modèle descriptif de cette activité. La plus-value en termes d'apprentissages, quel que soit le domaine ou l'ampleur du projet de conception, est aussi diverse que la créativité, la matérialisation

d'idées, l'évaluation et la prise de décision, la communication sous ses dimensions techniques et sociales, les techniques de représentation, la résolution de problèmes, le pilotage de projets en situation d'incertitude, le management opérationnel et la réflexivité (métacognitive).

CHAPITRE 2. John Didier et Nathalie Bonnardel utilisent les activités de conception créatives pour développer la créativité des enseignants en contexte de formation. En s'appuyant sur des techniques d'idéation dérivées de la technique princeps proposée par Osborn (1963), ils analysent les facteurs cognitifs mobilisés par de futurs enseignants généralistes pendant la phase de conception d'un objet technique. Ainsi, en articulant les apports de la psychologie cognitive, de l'ergonomie et de la didactique, ils investiguent l'activité de conception comme un espace de recherche et de réflexion au moment de la phase d'idéation de l'apprenti-concepteur. Dans cette étude, la mise en application du modèle « Analogie et Gestion de Contraintes » (A-GC) favorise la génération des idées et la gestion des contraintes dans un contexte de réalisation d'une tâche complexe. Ce chapitre ouvre de nouvelles perspectives concernant l'utilisation des activités de conception créatives, habituellement mobilisées par des professionnels ou de futurs professionnels de la conception. Dans cette étude, les auteurs identifient les conditions qui favorisent la créativité chez de futurs enseignants généralistes positionnés en posture d'apprentis-concepteurs d'un objet technique.

CHAPITRE 3. Marianne Chouteau, Joëlle Forest et Céline Nguyen privilégient un enseignement de la conception dans la formation des ingénieurs en investiguant le sens de l'innovation des objets et des systèmes techniques. Les auteurs présentent leur approche « Penser le Sens de l'Innovation » (P.S.I.) qui se caractérise comme une approche philosophique de l'innovation. Cette approche utilise la réflexion sur la technique en amont de la fabrication pour engendrer de l'innovation. En abordant la relation entre technique, innovation et imaginaire, les auteurs reviennent sur l'importance de l'observation dans le processus de conception. Apprendre aux futurs concepteurs à penser le sens de l'innovation, c'est expérimenter et vivre la démarche d'observation. Pour ce faire, l'apprenti-concepteur est amené à interroger, analyser et comprendre le sens des pratiques et les comportements des usagers.

CHAPITRE 4. Éric Tortochot, Christophe Moineau et Sophie Farsy investiguent l'énonciation et le dialogue au sein de l'activité de conception auprès d'étudiants en design. En revenant sur les différentes tâches prescrites par les enseignants et sur les activités de conception réelles des

apprenants, ils analysent la production du discours, des dialogues et des monologues qui participent à la conduite du projet du concepteur. Dans cette perspective, les différents participants (enseignants et apprenants) sont amenés à se positionner face à leur propre discours. Par l'étude des carnets de projets et sur la base d'entretiens semi-directifs, les auteurs mettent en évidence les mécanismes cognitifs et symboliques sous-jacents à l'activité de conception chez l'apprenant. Pour l'étudiant en design, l'acquisition de compétences de conception par l'énonciation requiert :

- 1) l'emploi stratégique de représentations et de discours choisis à dessein ;
- 2) le dialogue et le monologue participant à assimiler et à conscientiser ;
- 3) le partage des connaissances pour une méta-conception ; 4) l'argumentation liée à la négociation pour valider les étapes du projet.

CHAPITRE 5. Daniel Martin et Anne Clerc-Georgy privilégient une entrée métacognitive sur l'activité de conception en contexte de formation des enseignants généralistes. Cette étude analyse le dispositif de formation consacré à la mise en œuvre d'une séquence d'enseignement-apprentissage centré sur la conception d'un objet par des étudiants dans leur classe de stage. La particularité de ce dispositif d'apprentissage des activités créatrices et manuelles, centrées sur la conception d'un objet propose un certain nombre d'apprentissages de processus fondamentaux comme l'anticipation, la planification, l'évaluation ou la régulation. Les auteurs s'intéressent à la nature du guidage des processus de pensée des élèves, mis en œuvre par les futurs enseignants, et à leur capacité à développer la métacognition des élèves. Les différentes études de cas mettent en évidence une tendance pour ces enseignants stagiaires à privilégier une absence d'explication des modes de pensée et de questionnement métacognitifs chez leurs élèves. Dès lors, les auteurs proposent des pistes d'amélioration du dispositif en questionnant les élèves et en revenant sur la conception de l'enseignement, de l'apprentissage, de la créativité et de la conception en tant que processus de pensée véhiculé tant par les personnes qui ont initié le dispositif que par les stagiaires.

CHAPITRE 6. Grégory Munoz et Olivier Villeret questionnent le rapport entre conception et formation à l'aide de la problématisation en tant que dispositif de formation. Les auteurs présentent deux études de cas afin d'analyser la place de la conception en vue de développer la conceptualisation chez l'apprenant. Dans deux contextes professionnels différents, le dispositif didactique se fonde sur la problématisation. Celui-ci demande aux acteurs de constituer une situation-problème, de la mettre en œuvre, puis de l'analyser par un retour réflexif à partir d'observations basées sur

des traces vidéos ou audios de l'activité. Le premier contexte professionnel concerne des professeurs de musique et le second une école d'application qui reçoit des patients en institut de formation de podologie. En se fondant sur les cadres théoriques de la didactique professionnelle, les auteurs reviennent sur les connaissances techniques et scientifiques construites au cours de l'expérience qui permet à l'individu d'orienter son action. Par l'analyse des situations-problèmes qui interviennent dans des situations de travail réel, les acteurs apprennent à accéder aux « concepts en acte ».

CHAPITRE 7. Alex Sandro Gomes et Grégory Munoz mettent en évidence la notion de système d'instruments en formation dans la conception d'artefacts numériques. Former à la conception en s'appuyant sur la notion de système d'instruments consiste, pour le concepteur, à adopter l'artefact en regard des besoins des usagers. L'approche instrumentale se constitue d'un couplage schème-artefact dans lequel la partie schème renvoie aux structures d'actions de l'individu. La structuration de l'action, dont est porteur l'artefact, ouvre de nouvelles possibilités pour le concepteur en termes d'organisation de son action au niveau du renouvellement des conditions d'implications et de l'enchaînement des buts, des moyens et du contrôle de son action. Pour les auteurs, la notion de système d'instruments apporte une double perspective au niveau de la formation. D'un point de vue ergonomique, elle vise à former des « agents ergonomiques » capables de transformer leur situation de travail à partir de leur analyse. Du point de vue de la didactique professionnelle, elle vise à rendre les acteurs, auteurs de leur propre développement professionnel et de leurs propres ressources pour l'action.

CHAPITRE 8. Marjolaine Chatoney et Fabrice Gunther abordent la compréhension des processus de conception et de production industrielle en privilégiant une entrée par l'enseignement de la technologie en France. L'étude des objets et des systèmes techniques vise à comprendre la complexité des systèmes techniques dans leur dimension pluri-technologique. Pour l'apprenant, l'analyse fonctionnelle des objets ou des systèmes techniques permet de prendre en considération la relation entre les humains et les machines ainsi que l'interdépendance entre les différentes fonctions et solutions techniques. Cette approche se définit comme un ensemble dynamique et complexe d'interactions. En privilégiant une approche systémique, ceci conduit à une nouvelle façon de concevoir l'éducation technologique. À partir d'un questionnaire proposé aux

enseignants français de technologie, les auteurs analysent les connaissances et leurs pratiques enseignantes relatives à certains outils de l'analyse fonctionnelle utilisés au collège.

CHAPITRE 9. Patrice Laisney et Jean-François Hérold analysent l'activité d'élèves lors d'une tâche de conception d'objet en éducation technologique. Leur recherche se centre, dans un premier temps, sur l'usage des imprimantes 3D par les professeurs enseignant la technologie au collège dans l'académie d'Aix-Marseille (France). Dans un second temps, leur recherche permet d'analyser une séquence d'enseignement dans laquelle des élèves de 14-15 ans doivent résoudre un problème de conception en ayant recours à l'imprimante 3D. Les premiers résultats de cette étude montrent que le dessin à main favorise, de la part de ces élèves, une exploration plus large lors de la résolution du problème de conception en réponse à un cahier des charges fonctionnel. Néanmoins, l'introduction des imprimantes 3D dans le cadre de cette séquence d'enseignement ne semble pas favoriser le processus de reconception suite à l'impression 3D, ni le processus de recherche de solutions par les élèves.

CHAPITRE 10. Raquel Becerril Ortega analyse, auprès de huit étudiants en génie mécanique, l'activité de conception et de réalisation de pièces métalliques à l'aide de machines-outils à commande numérique (MOCN). À partir de cette étude de cas, l'auteur privilégie trois regards complémentaires relatifs aux activités de conception en contexte de formation. Sa première lecture revient sur la transposition didactique qui remet les différents savoirs convoqués par les professionnels du domaine et les étudiants au centre des situations-problèmes observées. La seconde questionne l'usage et les contraintes de réalisation du projet en tant qu'éléments constitutifs de l'activité de conception. La troisième lecture privilégie le registre de technicité qui associe les connaissances à caractère technique lors de la conception et de la réalisation d'un artefact. Cette étude propose une piste théorique pour analyser les variabilités pédagogiques et didactiques en mettant en évidence les aspects techniques et l'épaisseur épistémologique des situations observées. Dès lors, l'auteur préconise un dépassement disciplinaire nécessaire aux activités de conception en contexte de formation.

CHAPITRE 11. Pierre Litzler interroge l'activité de conception en revenant sur le langage visuel des signes, des formes et des modèles symboliques à l'aide d'une approche poétique. En s'appuyant sur l'œuvre architecturale de Le Corbusier, il nous rappelle la fonction première de la didactique qui vise à l'explication méthodique d'un art, d'une science où le but est

d'instruire, d'informer et d'enseigner. L'auteur propose une analyse des représentations : schémas, croquis, plans, de différentes architectures de Le Corbusier, en privilégiant une poésie des rapports. Ainsi, sa lecture dépasse la fonction utilitaire de l'artefact pour devenir un objet de contemplation et d'interprétation à la fois artistique et symbolique. Par cette analyse, l'architecture est envisagée en fonction d'une série de rapports : architectonique et symbolique, dedans et dehors, au corps... autant d'évocations par un langage poétique qui permettent de convoquer une pensée démonstrative. L'auteur énonce, par ces rapports, des principes conceptuels (espacement, lumière, mouvement) qui exposent les fondements essentiels d'une pensée en œuvre dans l'architecture de Le Corbusier. Dès lors, ce texte nous permet d'entrer dans une compréhension de la conception comme une ordonnance de signes sensibles qui conduit le passage de la sensation à la perception puis à l'intellection.

CHAPITRE 12. Yves-Claude Lequin propose une analyse plurielle de la conception en privilégiant plusieurs entrées, historique, politique, éthique et citoyenne, relatives aux techniques. Pour comprendre les systèmes techniques, il revient sur le rôle du citoyen et le pouvoir qu'il peut exercer sur le système politique et il nous rappelle sa potentielle implication pour exercer des choix stratégiques dans les domaines techniques à grande portée. Dès lors, l'auteur convoque le principe de démocratie technique en renouant l'apprentissage de la conception aux implications civiques. De plus, il propose une « démocratisation » de l'activité de conception dans la formation du citoyen afin de développer sa capacité à décider et à entrer dans une logique de conception d'objets ou de projets. Pour y parvenir, il nous rappelle que la reconception d'objets banals et simples permet de favoriser cette logique de prises de décision et de gestion de contraintes. Yves-Claude Lequin propose ainsi une épistémologie de la conception et adresse un message aux différents acteurs de la formation : « Apprendre à reconcevoir des objets réels pour devenir ensuite un citoyen décideur, capable de réorienter l'État et les méga-systèmes techniques, sans être soumis à des impératifs présentés comme "incontournables", parce que "techniques". »

Références

- BONNARDEL, N. (1989). *L'évaluation de solutions dans la résolution de problèmes de conception. Rapport de recherche n° 1072*. Rocquencourt : INRIA.
- BONNARDEL, N. (2000). Towards understanding and supporting creativity in design: Analogies in a constrained cognitive environment. *Knowledge-Based Systems*, 13, 505-513.
- BONNARDEL, N. (2004). *Conception et créativité : Approches cognitive et ergonomique*. Synthèse d'habilitation à diriger des recherches de l'Université de Provence. Aix-en-Provence, France.
- BONNARDEL, N. (2006). *Créativité et conception : Approches cognitives et ergonomiques*. Marseille : Solal.
- BONNARDEL, N. (2009). Activités de conception et créativité : de l'analyse des facteurs cognitifs à l'assistance aux activités de conception créatives. [Activities Design and Creativity: From the analysis of cognitive factors to assistance to creative design activities] *Le Travail Humain*, 72(1), 522.
- BONNARDEL, N. (2012). Designing future products: What difficulties do designers encounter and how can their creative process be supported? *Work, A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation*, 41, 5296-5303.
- BONNARDEL, N. et DIDIER, J. (2016). Enhancing creativity in the educational design context: An exploration of the effects of design project-oriented methods on students' evocation processes and creative output. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 15(1), 80-101.
- BONNARDEL, N. et DIDIER, J. (2020). Brainstorming variants to favor creative design. *Applied Ergonomics*, 83, 102987 [doi.org/10.1016/j.apergo.2019.102987]
- BONNARDEL, N. et LUBART, T. (2019). La créativité : approches et méthodes en psychologie et en ergonomie. *RIMHE - Revue Interdisciplinaire, Management, Homme & Entreprise*, 37, 79-98.
- BONNARDEL, N. et MARMÈCHE, E. (2005). Towards supporting evocation processes in creative design: A cognitive approach. *International Journal of Human-Computer Studies*, 63, 442-435.
- BONNARDEL, N. et MARMÈCHE, E. (2004). Evocation processes by novice and expert designers: Towards stimulating analogical thinking. *Creativity and Innovation Management*, 13(3), 176-186.
- BOUTINET, J.-P. (2015). *Anthropologie du projet*. Paris : Quadrige.
- CHOUILLER, D. (2008). *Comprendre l'activité de conception*. Belfort-Montbéliard : UTBM.
- DEFORGE, Y. (1990). *L'œuvre et le produit*. Seyssel : Champ Vallon.
- DEMAILLY, A. et LEMOIGNE, J. L. (1986). Théories de la conception. Dans A. DEMAILLY et J. L. LEMOIGNE (dir.), *Sciences de l'intelligence, sciences de l'artificiel* (p. 435-446). Lyon : PUL.
- DIDIER, J. (2015a). La pédagogie du projet et la posture d'auteur de l'élève. Dans N. GIAUQUE et C. TIÈCHE CHRISTINAT (dir.), *La pédagogie Freinet : Concepts, valeurs, pratiques de classe* (p. 135-144). Lyon : Chronique sociale.
- DIDIER, J. (2015b). Concevoir et réaliser à l'école. Culture technique en Suisse romande. Dans Y. LEQUIN et P. LAMARD (dir.), *Éléments de démocratie technique* (p. 227-238). Belfort-Montbéliard : UTBM.
- DIDIER, J. (2017a). Didactique de la conception et démocratie technique. Dans J. DIDIER, Y. LEQUIN et D. LEUBA (dir.), *Devenir acteur dans une démocratie technique. Pour une didactique de la technologie* (p. 135-154). Belfort-Montbéliard : UTBM.
- DIDIER, J. (2017b). De la démarche anthropologique à la posture d'auteur en didactique. Dans G. GIACCO, J. DIDIER et F. SPAMPINATO (dir.), *Didactique de la création artistique : Approches et perspectives de recherche* (p. 91-104). Louvain : EME.
- DIDIER, J. (2018). Technical culture and innovation culture: reconciling through design. Dans M. Chouteau, J. Forest et C. Nguyen (dir.), *Science, Technology and Innovation Culture* (vol. 3, p. 117-135). London, UK : ISTE Ltd. Repéré à <http://hdl.handle.net/20.500.12162/1963>.
- DIDIER, J. et BONNARDEL, N. (2017). Développer la créativité à l'aide d'activités de conception créatives dans le domaine de la formation. *Actes de la recherche*, 11, 45-61.

- DIDIER, J. et BONNARDEL, N. (2015). Activités créatives et innovations pédagogiques dans le domaine du design. Dans N. BONNARDEL, L. PELLEGRIN et H. CHAUDET (dir.), *Actes du 8e colloque de Psychologie ergonomique – EPIQUE 2015* (p. 165-173). Paris, France : Arpege Science Publishing.
- DIDIER, J., GIACCO, G. et CHATELAIN, S. (2018). *Culture et création, approches didactiques*. Belfort-Montbéliard : UTBM.
- DIDIER, J. et LEUBA, D. (2011). La conception d'un objet : un acte créatif. *Prismes*, 15, 32-33.
- DIDIER, J., LEQUIN, Y. C. et LEUBA, D. (2017). L'enseignement de la technologie, une construction historique et sociale. Dans J. DIDIER, Y. LEQUIN et D. LEUBA (dir.), *Devenir acteur dans une démocratie technique. Pour une didactique de la technologie* (p. 19-46). Belfort-Montbéliard : UTBM.
- FOREST, J., MÉHIER, C. et MICAËLLI, J. P. (2005). *Pour une science de la conception*. Belfort-Montbéliard : UTBM.
- GERO, J. S. (1998). Towards a model of designing which includes its situatedness. Dans H. GRABOWSKI, S. RUDE et G. GREIN (Eds), *Universal design theory* (p. 47-56). Aachen : Shaker Verlag.
- GIACCO, G., DIDIER, J. et SPAMPINATO, F. (dir.). (2017). *Didactique de la création artistique : Approches et perspectives de recherche*. Louvain : EME.
- HABBOUB, E. M., LENOIR, Y. et TARDIF, M. (2008). La didactique professionnelle et la didactique des savoirs professionnels dans la documentation scientifique : un essai de synthèse des travaux francophones. Dans Y. LENOIR et P. PASTRÉ (dir.), *Didactique professionnelle et didactiques disciplinaires en débat* (p. 21-52). Toulouse : Octarès.
- LEBAHAR, J. C. (2004). Didactique de la conception : le cahier des charges évolutif. Dans R. SAMURÇAY et P. PASTRÉ, *Recherches en didactique professionnelle* (p. 137-158). Toulouse : Octarès.
- LEBAHAR, J. C. (2007). *La conception en design industriel et en architecture : désir, pertinence, coopération et cognition*. Paris : Lavoisier.
- LUTZ, L., HOSTEIN, B. et LÉCUYER, É. (2004). *Enseigner la technologie à l'école élémentaire*. Bordeaux : SCEREN-CRDP Aquitaine.
- OCHANINE, D. (1981). *L'image opérative, recueil de textes, doc ronéo*. Paris : Laboratoire de psychologie du travail.
- OSBORN, A. F. (1963). *Applied imagination: Principles and procedures of creativity thinking*. New York : Charles Scribner's Son press.
- PASTRÉ, P. (2006). Que devient la didactisation dans l'apprentissage des situations professionnelles ? Dans Y. LENOIR et M.-H. BOUILLIER-OUODOT (dir.), *Savoirs professionnels et curriculum de formation professionnel* (p. 321-344). Québec : Presses de l'Université Laval.
- PASTRÉ, P. (2008). Apprentissage et activité. Dans Y. LENOIR et P. PASTRÉ (dir.), *Didactique professionnelle et didactiques disciplinaires en débat* (p. 53-79). Toulouse : Octarès.
- PASTRÉ, P. (2011). *La didactique professionnelle. Approche anthropologique du développement chez les adultes*. Paris : PUF.
- PELPEL, P. (1996). Les formateurs de terrain : crise d'identité et évolution du modèle de formation. *Recherche et formation*, 22, 65-80.
- PERRIN, J. (2001). *Conception entre science et art. Regards multiples sur la conception*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.
- PIAGET, J. (1945). *La formation du symbole chez l'enfant*. Neuchâtel : Delachaux & Niestlé.
- PIAGET, J. (1974). *Réussir et comprendre*. Paris : PUF.
- SCHÖN, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York : Basic Books.
- SIMON, H. A. (1973). The structure of ill structured problems. *Artificial Intelligence*, 4, 181-201.
- SIMON, H. A. (1974). *Les sciences de l'artificiel* (traduction française par Jean-Louis Lemoigne). Paris : Éditions Gallimard.

- SIMON, H. A. (1995). Problem forming, problem finding and problem solving in design. Dans A. COLLEN et W. GASPARIKI (Eds.), *Design & Systems* (p. 245-257). New Brunswick : Transaction Publishers.
- SIMONDON, G. (1989). *Du mode d'existence des objets techniques*. Lonrai : Aubier Philosophie.
- STERNBERG, R. J. et Grigorenko, E. (2004). Successful Intelligence in the Classroom. *Theory Into Practice*, 43(4), 274-280.
- ZEISEL, J. (1981). *Inquiry by design, tools for environmental behavior research*. Cambridge, M.A. : Cambridge University Press.

Chapitre 1

Denis Choulier

Proposition d'un référentiel
de compétences en conception

Proposition d'un référentiel de compétences en conception

Denis Choulier

CONSTRUIRE UN RÉFÉRENTIEL DE COMPÉTENCES EN CONCEPTION. Activité complexe et difficile à définir, la conception de produits demande à mobiliser des compétences multiples en synergie. Pour proposer un référentiel de compétences, nous nous appuyons sur un modèle descriptif de cette activité. Il comporte trois niveaux de description : micro/opérations, méso/actions et macro/processus. Pour chaque niveau, des compétences techniques, communicationnelles et métacognitives sont proposées. Si la construction d'un référentiel de compétences résulte d'une observation de l'activité d'un concepteur ou d'un collectif, elle peut s'appuyer sur la construction d'un modèle d'activité.

UNE ACTIVITÉ COGNITIVE, PROCÉDURALE, SOCIALE ET MÉTACOGNITIVE

Pour la conception d'objets (mécanique, design, architecture...), un nombre important de modèles et de théories a été proposé. La présentation qui suit se veut synthétique, sans prétendre à l'exhaustivité. On peut noter, dès à présent, la diversité de ces approches, étant un indicateur très concret de la complexité de la conception. Aucune d'elles ne peut appréhender la totalité de l'activité et il est parfois difficile d'en assurer la compatibilité : des courants de pensée dans ce domaine peuvent évoluer de façon quasi autonome les uns des autres.

LES APPROCHES (ESSENTIELLEMENT) COGNITIVES décrivent des langages et des opérations effectuées par les concepteurs à partir des entités qu'ils imaginent, définissent, représentent et analysent. La théorie CK (HATCHUEL et WEIL, 2009) définit ainsi la conception comme la construction de concepts à partir d'une part de concepts précédemment énoncés, d'autre part de

connaissances existantes. Cette théorie souligne la construction conjointe de concepts et de connaissances. En ce sens, elle est autant une théorie de la construction des connaissances qu'une théorie de la conception. Elle offre toutefois des définitions de caractéristiques et d'opérations très génériques et abstraites, au point qu'on doit s'interroger tant sur sa réfutabilité que sur son aptitude à fournir un socle descriptif à la mesure de la complexité de la conception. Bien plus riche à ce point de vue, le modèle FBS offre une ontologie d'entités (Function – Behaviour – Structure) et d'opérations (formulation/reformulations, synthèse, analyse, documentation, évaluation...). Ce modèle a ensuite été enrichi en considérant le sens des entités dans trois « mondes cognitifs » : externe, interprété et espéré (GERO et KANNENGIESSER, 2004). Ce ne sont alors pas moins de vingt opérations qui structurent l'activité cognitive. Ainsi, les activités de synthèse – associées à la créativité – s'opèrent dans le monde espéré alors que celles d'analyse le sont dans le monde interprété. Les reformulations concernent des passages d'un monde à l'autre, ce qui est à mettre au regard des approches « visual thinking », importantes pour la conception visuelle, notamment en architecture et en design. Elles représentent la conception comme une activité de construction et d'interprétation de représentations tant physiques (dessins, maquettes, prototypes...) que mentales (VISSER, 2004), soit dessiner à dessein.

LES APPROCHES PROCÉDURALES sont un courant majeur en ingénierie, impulsé par le systematic design (PAHL et BEITZ, 1996). Ces modèles, autant descriptifs que prescriptifs, présentent une activité construite par étapes/phases successives dont les principales sont : conceptual design, embodiment design et detailed design. Chaque fin d'étape est le jalon d'un processus avec prise de décisions – un projet à mener. Ces approches ont tissé dès le départ des liens avec les approches cognitives, notamment par l'approche fonctionnelle et l'analyse de la valeur (définir le besoin puis les fonctions, puis chercher des solutions...) et avec les techniques de créativité qu'elles intègrent dans des sous-étapes spécifiées. Elles proposent de s'appuyer fortement sur des outils méthodologiques à chaque étape. Des liens avec les approches socio-organisationnelles ont fourni des cadres pour structurer la conception de systèmes impliquant des collectifs importants. C'est le cas par exemple dans l'industrie aéronautique ou automobile.

LES APPROCHES SOCIOTECHNIQUES pointent les actions des acteurs d'un processus, lesquels peuvent être des hommes, des outils, des représentations... Les représentations notamment y sont plus que de simples supports d'information portant leurs potentiels de communication et

d'interprétation. Les approches sociotechniques sont également médiateurs d'interactions et représentent les autres acteurs. Ces approches nous rappellent que, sauf exception rarissime, la conception est toujours collaborative.

Originale, L'APPROCHE MÉTACOGNITIVE de Schön (1987) voit la conception comme une « conversation réflexive » entre un concepteur et son objet. Elle dépasse les notions d'interprétation et de représentation mentionnées plus haut en soulignant la réalité d'une cognition sur les processus, y compris d'interprétation. Le concepteur d'un objet utilise les représentations de cet objet comme miroir (éventuellement déformant) de sa pensée et réfléchit également sur sa propre cognition et sur la construction de son action. La formation à la conception est vue comme un coaching réflexif assuré par un collègue expérimenté – le coach est lui-même un « miroir ». Cette métacognition, omniprésente, concerne donc la construction des représentations, entités et opérations, mais aussi le processus décrit comme une phase de cadrage (avec recadrage possible) des observations de la définition de l'objet à un instant donné, des mouvements (créativité, représentation...) et des évaluations à partir de l'observation des conséquences des mouvements (par analyse)... et l'apprentissage de l'activité tant pour les novices que pour les professionnels eux-mêmes.

UNE ACTIVITÉ CONTINGENTE

Une caractéristique essentielle de l'activité doit être ajoutée : la contingence. Sans réellement l'expliquer, les modèles précédents rendent néanmoins compte de ses effets en soulignant le caractère itératif de la conception et la nécessité d'une métacognition sur les processus.

D'un point de vue cognitif, la contingence trouve son explication dans l'existence de relations multiples entre points de vue et entités. Chaque opération d'analyse fait émerger des propriétés nouvelles spécifiques à la solution analysée. La contingence reflète en premier lieu la dépendance de ces nouvelles propriétés à la solution envisagée – puis retenue : les propriétés nouvelles sont contingentes à une solution. De plus, c'est exprimer que ces propriétés n'étaient pas nécessaires – pour Aristote, la contingence est l'opposé du nécessaire. Elles n'étaient pas exprimées en début de conception, par exemple dans un cahier des charges. Elles n'émergent que par la proposition de solutions, ordinairement par des objections émises dès qu'une proposition est faite... Et elles conditionnent la suite d'un processus dès lors qu'elles apparaissent comme de nouveaux problèmes – contingents. On parle alors de coévolution problèmes/

solutions (DORST et CROSS, 2001). C'est bien l'émergence de ces nouveaux effets – comportements, fonctions, effets sur l'usage(r) – qui rend tout processus de conception non prédictible à l'avance, et qui exige des concepteurs la mobilisation d'une métacognition pour le pilotage – agile – de l'activité.

À ce point de vue cognitif, on peut ajouter d'autres causes de contingence : par exemple des manques de connaissances en début de processus puis la mobilisation de nouvelles connaissances par la suite, des opérations d'interprétations très rarement reproductibles sur des représentations ouvertes, des contraintes évolutives sur le projet, des différentiels de connaissances et de modes d'action entre acteurs, la mobilisation parfois « aléatoire » d'une métacognition... ou tout simplement la créativité.

Il est clair que ces caractéristiques (contingence, dépendance du chemin, incertitude, coévolution, besoin de métacognition, interprétations, pilotage agile...) sont au maximum en début de conception dans les phases en amont. Un « problème de conception » est toujours un problème mal défini (SIMON, 1969/1996), comportant la résolution de sous-problèmes successifs dont beaucoup émergent en cours d'activité.

CONSTRUIRE UN RÉFÉRENTIEL : COMMENT ?

Un référentiel de compétences peut comporter les mentions du contexte, de connaissance, d'habilité, et éventuellement d'indicateurs de réussite et de procédure (BLANDIN, 2012). On focalisera ici sur les habilités et les connaissances, sachant que le contexte est explicite.

Les compétences découlent de la connaissance de l'activité (BRANNICK, LEVINE et MORGESON, 2007 ; MANDON, 1999). Nous nous appuyons ici sur une proposition de modélisation de l'activité multi-échelles (CHOUlier, 2014) qui est une tentative de synthèse des connaissances sur la conception exprimées dans les modèles et les théories présentés plus haut. Néanmoins, comme tout modèle, celui-ci restera encore lacunaire, incomplet, en se focalisant sur certains éléments au détriment d'autres. Ainsi, il ne décrit pas explicitement le caractère social et métacognitif – ce point conformera la structure du référentiel proposé. La description s'effectue selon trois niveaux successifs.

Au niveau « micro » (N1), des entités et des opérations sont définies. Cette première étape de modélisation s'apparente de près au modèle FBS tout en donnant des définitions plus synthétiques des entités et des opérations. À ce premier niveau seront également rattachées les compétences relatives aux représentations et au raisonnement visuel.

Au niveau intermédiaire « méso » (N2), des actions sont définies. Chaque action se caractérise par un objectif court terme, des moyens et des acteurs et elle comporte plusieurs opérations. Si la coévolution est déjà présente dans la modélisation micro, elle prend tout son sens ici en considérant le cœur de l'activité comme une succession d'épisodes de résolution de sous-problèmes, avec des effets de contingence. Chaque résolution implique plusieurs actions types.

Au niveau « macro » (N3), on envisage le pilotage agile des épisodes de résolution de problèmes, sous contraintes et sous contingences internes et externes.

À la description de chaque niveau sont rattachées des compétences cognitives (surtout N1) et procédurales, mais aussi des compétences sociocommunicationnelles sans lesquelles l'activité collective ne saurait progresser, et des compétences métacognitives : sur les entités et les représentations (N1), sur les moyens nécessaires pour les actions notamment les outils et les méthodes (surtout N2) et sur la représentation et la conduite de l'activité elle-même (N3). Ainsi s'étend la description de la métacognition au-delà du travail fondateur de Schön (1987).

Le document est organisé en trois sections principales – une par niveau de description de l'activité. Les compétences et les connaissances sont exprimées dans un tableau de synthèse auquel il convient de se référer.

Compétences établies à partir du niveau micro/opérations

Le premier niveau de description concerne avant tout des opérations mentales, effectuées sur des entités/paramètres, identifiées et interprétées à partir de représentations. La figure 1 illustre ce niveau de représentation de l'activité.

Plusieurs points de vue

On reprend ici les grandes lignes du modèle FBS, tout en précisant la nature des entités/paramètres, et des opérations. Nous distinguerons la structure du produit, ses fonctions, et ce qui relève de l'usage(r) – le terme fonction diffère ici de sa signification dans le modèle FBS. Les termes utilisés peuvent être très concrets ou au contraire plus « abstraits » avec l'utilisation du langage naturel.

Un premier point de vue concerne ce qu'est le produit : sa structure. Pour un objet physique/matériel, il s'agit de ses composants, de leurs liaisons (son architecture), des positions et orientations, et pour chacun d'eux, de ses formes, dimensions et matière.

Le second point de vue porte sur les fonctions : ce que fait le système. Des verbes d'action sur des flux de matière, d'énergie et d'information peuvent constituer une ontologie fonctionnelle. Ainsi, un marteau transfère l'énergie du bricoleur à un clou : c'est un concentrateur d'énergie, d'un point de vue à la fois spatial et temporel. Un sèche-cheveux convertit de l'énergie électrique pour propulser et chauffer de l'air. On spécifie ici également les objets avec lesquels le produit interagit et interfère. Avec un langage plus concret, on peut préciser finement ces actions sur les flux : par exemple un débit d'air, une température, une direction ou un angle de divergence. C'est le comportement du système, pensé comme sa réponse à une sollicitation.

Le troisième point de vue considère ce que l'objet permet à un utilisateur de faire. Par exemple, le sèche-cheveux permet à son utilisateur de se sécher les cheveux, mais aussi, de façon opportuniste de sécher des habits ou de dégivrer une serrure d'automobile par un froid matin d'hiver vaudois. Avec le même langage, on peut exprimer des caractéristiques néfastes. Ainsi, le même sèche-cheveux permet de se brûler, de consommer de l'énergie, d'encombrer la salle de bain... On parle d'affordances pour désigner cet ensemble (permettre : « *to afford* »). L'une de ces affordances, utile et à l'origine de la conception de l'objet, est appelée besoin : le sèche-cheveux est bien conçu pour sécher les cheveux.

Compétences et connaissances en conception				
	Cognitives et procédurales	Sociale et communicationnelles	Métacognitives	
A partir de la description des points de vue et des opérations	Reconnaitre les points de vue (<i>Structure, fonction, besoin</i>) et formuler des caractéristiques (<i>paramètres de structure, comportement / critères, et relatifs à un usage</i>) Appliquer les <i>règles techniques</i> du domaine technique (mécanique, thermique, bâtiment, aérodynamique...) / déduire Reconstruire la logique de la conception d'un produit / diagnostic de fonctionnement Construire une argumentation présentant un produit Imaginer / créer des moyens pour un objectif défini. <i>Techniques de créativité</i> Représenter, modéliser, concrétiser, prototyper (<i>Langages de représentation</i>) Comparer des propositions relativement à une liste de <i>critères</i>	Communiquer en réunion sur des énoncés et des arguments techniques Présenter un objet Ecouter et reformuler	Interpréter une <i>représentation</i> , en énoncer des propriétés (Transposer visuel → langage) Adapter les <i>moyens et outils de représentation</i> Adapter ses <i>modes de communication</i>	
A partir de la description des actions, sous problèmes	Finaliser un diagnostic de fonctionnement en listant un ensemble de <i>sous problèmes</i> Hiérarchiser, donner des priorités Analyser un sous problème (<i>outils et méthodes de résolution de problèmes</i>) Construire et conduire un <i>processus de résolution de problème (avec plusieurs étapes)</i> Développer des alternatives de solutions lorsque nécessaire (<i>divergence</i>) Développer une solution par <i>itérations (successions de sous problèmes et de représentations)</i>	Communiquer sur les démarches, les outils, les intentions, les attendus... Fixer des objectifs à court terme	Percevoir les objectifs à court terme et s'y conformer. Choisir un <i>outil méthodologique</i> L'adapter, le détourner si nécessaire. Percevoir les potentialités d'actions de ses collègues.	
A partir de la description du pilotage de l'activité	Représenter un <i>processus de conception avec des actions successives et des itérations</i> Définir les <i>étapes</i> d'un projet de conception Gérer le projet sous contraintes externes Prendre des <i>décisions</i> Prendre en compte les conséquences d'une décision technique sur le processus (<i>contingence</i>) (re)Définir son action	Négocier avec ses <i>collègues</i> , avec les <i>clients</i> , Afficher une motivation et une détermination pour l'action Déléguer des actions Enrôler ses collègues (... Leadership)	Se situer par rapport à un processus de conception longue durée. Percevoir et analyser les contraintes de son environnement Définir une stratégie	

CRÉATIVITÉ ET LOGIQUE DÉDUCTIVE

Ces points de vue sont reliés par des opérations logiques.

Par déduction, on valide un comportement ou une fonction à partir de la connaissance de la structure : si moteur + ventilateur + résistance..., alors air chaud. On valide de même les affordances à partir des fonctions / comportements : si air chaud, alors cheveux secs ; si air chaud, alors risque de brûlure... Ces entités sont alors dites « réelles » ou effectives : on sait affirmer que les fonctions puis les affordances sont atteintes dès lors que l'on connaît la structure du produit et les règles de validation par calcul, essais, simulations...

Comme dans le modèle FBS, le passage inverse mobilise un mode de raisonnement différent de la déduction et s'opère dans un monde espéré car, à ce stade, il s'agit seulement d'hypothèses qui ne pourront être validées qu'après déduction. Le mode de raisonnement est l'abduction, soit la recherche de conditions permettant d'obtenir un effet souhaité. C'est le même mode de raisonnement qui est utilisé lors d'un diagnostic, quelle que soit la discipline : retrouver des causes expliquant en effet le symptôme constaté. Si ce n'est qu'en conception, il faut imaginer des moyens encore inexistantes (avec créativité) alors qu'un diagnostic vise à retrouver des causes déjà existantes.

Un troisième mode de « raisonnement » compare des entités espérées et réelles. C'est une évaluation purement technique ici. Elle doit s'appuyer sur l'application de critères.

Enfin, la représentation a une importance forte. Un concepteur doit représenter ses idées par des schémas, des dessins techniques ou/et artistiques selon la discipline, une maquette physique ou une modélisation en conception assistée par ordinateur (CAO). Il utilise pour cela des outils de représentation.

DES EFFETS DE CONTINGENCE

Cet ensemble d'opérations fait déjà apparaître la conception comme une activité où une abduction/créativité est régulièrement suivie de déductions puis d'évaluations. On comprend qu'en cas d'évaluation négative, il faudra recommencer ces suites d'opérations. La conception est cyclique dès ce niveau de description.

Toutefois, la figure 1 ne fait pas apparaître le fait que les propriétés déduites peuvent de plus différer qualitativement des propriétés souhaitées préalablement énoncées, étant ainsi des propriétés émergentes/

nouvelles, qui résultent des hypothèses de structure. Fonctions et affordances peuvent être contingentes : non souhaitées en début de conception et fondamentalement liées à des hypothèses qui deviendront des choix dès lors qu'elles seront retenues. Dans notre exemple, un sèche-cheveux n'est pas conçu pour faire du bruit, mais il peut s'avérer très performant sur ce point. Ce sont bien des choix de structure (moteur, ventilateur, carter...) qui conditionnent le niveau de bruit émis (fonction, comportement) puis l'incapacité de l'utilisateur à percevoir son environnement sonore (affordance). Il y a coévolution structure/fonctions/affordances.

Au final, selon ce point de vue micro, un concepteur produit en cours d'activité bien plus qu'une description de la structure d'un produit, par exemple un plan. Il produit également des fonctions et des affordances nouvelles. Il mobilise et énonce des règles reliant les points de vue – mais il les produit plus rarement, l'induction étant peu utilisée. Il construit des représentations, les interprète et les évalue selon des critères techniques. L'activité s'accompagne de la construction d'un argumentaire technique complet comportant la définition de paramètres selon les trois points de vue, leurs liens logiques (les règles) et le référentiel d'évaluation technique.

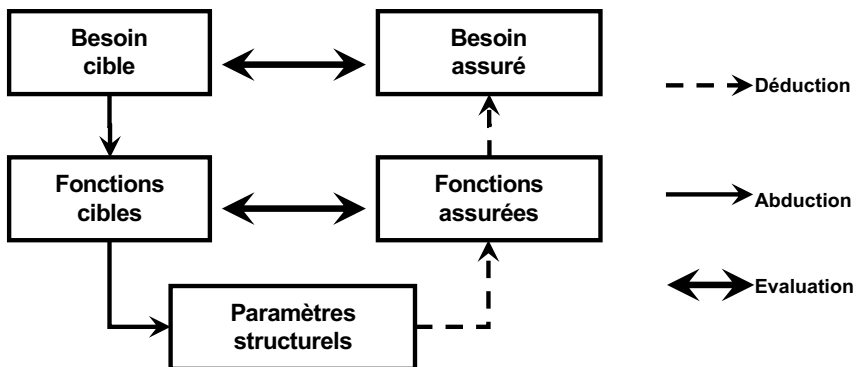


Figure 1. Modélisation micro : opérations en conception.

COMPÉTENCES ASSOCIÉES

À partir de ce premier niveau de description de la conception, des compétences peuvent être énoncées. Elles relèvent avant tout du domaine cognitif avec parfois des références à des outils et des méthodes. Elles sont complétées par des compétences sociocommunicationnelles puis métacognitives.

Un concepteur doit utiliser les langages de description d'un objet technique : reconnaître les éléments relatifs aux différents points de vue et formuler ces éléments, y compris avec des langages concrets ; nommer des paramètres de structure, de comportement, relatifs aux affordances, des critères... Des méthodes telles que l'analyse fonctionnelle canalisent la construction / formalisation de ces points de vue. Ces méthodes peuvent utilement être connues et appliquées.

Il mobilise des règles de conception pour le dimensionnement et la vérification / validation des solutions qu'il propose. Ici aussi, des outils et des procédures de calcul sont nécessaires. Ainsi, il sait reconstruire la logique de conception d'un produit. Cette démarche s'apparente à un diagnostic de fonctionnement afin de révéler non seulement la façon dont fonctionne un produit, mais aussi ses défauts, ses problèmes et ses potentialités d'amélioration. Il saura alors construire une argumentation technique permettant de présenter le produit.

Pour imaginer un produit différent, il devra de plus faire preuve de créativité et déployer au besoin des techniques qu'il devra apprendre. La maîtrise d'outils de représentation (savoir dessiner, construire un prototype, effectuer une modélisation numérique...) sera également nécessaire.

Pour l'évaluation, un concepteur doit pouvoir comparer des produits ou des propositions différentes relativement à une liste de critères.

En interaction avec ses collègues, clients, donneurs d'ordres..., il doit être capable de communiquer sur des énoncés et des arguments techniques ainsi que présenter une solution. Il doit également faire preuve de capacités d'écoute et de reformulation.

À ce niveau, les compétences métacognitives portent sur les représentations, les outils méthodologiques de base et la communication. Un concepteur doit développer des capacités spécifiques d'interprétation de représentations qui vont au-delà de la simple lecture des dessins, car il s'agit ici de reconnaître des composants, des liaisons ou des ensembles... et de détecter leurs interactions, pour ensuite les analyser et voir plus haut. Par rapport aux outils et aux méthodes, il doit savoir les adapter, qu'il s'agisse des outils relatifs à la déduction (calcul...), à la formalisation des points de vue (analyse fonctionnelle) ou à la créativité. En effet, dans ce domaine, une application raisonnée et contextualisée des méthodes est souvent préférable à leur utilisation automatique. Enfin, vis-à-vis de ses collègues ou clients..., il doit adapter ses modes de communication en traitant régulièrement des incompréhensions ou ambiguïtés, souvent par ailleurs, bénéfiques pour la créativité.

COMPÉTENCES ÉTABLIES À PARTIR DU SECOND NIVEAU DE DESCRIPTION

Ici, on envisage la conception comme un ensemble d'actions. Chaque action, pour être définie, doit pouvoir préciser un objectif à court terme : l'atteinte d'un résultat, sans que ce résultat soit la fin de l'activité. Une action comporte ordinairement plusieurs opérations.

Des actions

Au cœur de l'activité, des actions régulières de construction et de transformation du produit sont appelées « mouvements ». Un mouvement consiste à passer d'un état de définition du produit à un autre état. Dans des domaines tels que l'architecture ou le design qui utilisent plus largement la perception visuelle, chaque état peut être caractérisé par une représentation (VISSER, 2004). Ici, avec une description à l'origine cognitive, nous imaginons plutôt des points de vue et des liens entre les points de vue. Soit un réseau à trois niveaux (structure, fonctions, affordances) reliés – ou pas – entre eux par des règles déductives. Ce réseau peut être incomplet et des mouvements viseront à le compléter. Ce réseau peut aussi être complet, mais non satisfaisant : des mouvements seront alors nécessaires pour le transformer. Ce concept de mouvement s'applique autant à plusieurs abductions/créativités (pour des affordances ou fonctions déjà énoncées, il faut maintenant imaginer un ensemble de paramètres de structure), à plusieurs déductions (pour une structure de produit définie, il faut maintenant établir ses effets, par calcul, expérimentations...) ou à une évaluation technique portant sur plusieurs paramètres. Mais plus ordinairement, un mouvement combine les trois types d'opérations : typiquement, proposition(s) par abduction(s), identification des effets contingents, validation de l'ampleur de ces effets et évaluation(s).

Après un mouvement, une évaluation du mouvement est souvent présente. Elle diffère de l'évaluation technique simple, car il s'agit ici de se prononcer sur un ensemble d'effets (et pas un seul), dont des effets contingents que l'on doit décider – ou pas – de conserver pour la suite. Cette évaluation correspond à ce que Schön (1987) nomme observation 2. En cas d'évaluation négative, un nouveau mouvement est souvent proposé.

En cas d'évaluation positive, il est souvent observé un retour sur l'observation de l'ensemble du produit – observation 1 pour Schön (1987). Ceci se justifie par le fait que les effets contingents peuvent former de nouveaux problèmes et alors affecter la suite du processus. C'est à ce stade que la conception apparaît comme une coévolution de problèmes et de solutions.

Une action de ciblage/focalisation a été ajoutée pour prendre en compte des décisions sur l'ordre et les priorités de traitement des différents problèmes relevés suite à une observation globale du produit – situation très courante. On ajoute également une action de cadrage, systématique en début d'étude, avec parfois un recadrage.

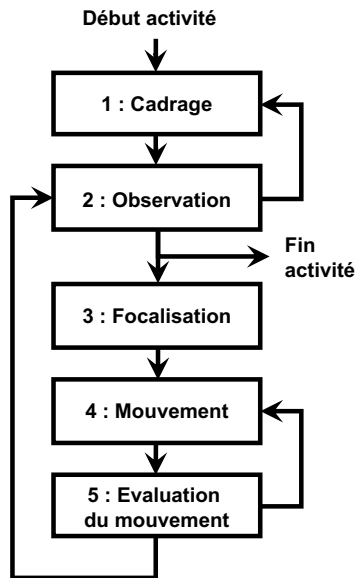


Figure 2. Modélisation méso : actions en conception.

Résolution de problèmes et conception

Le modèle méso présente l'intérêt de clarifier pour partie les significations du terme « problème » et ses liens avec la conception. Si concevoir est effectivement UN problème – situation initiale insatisfaisante, situation visée identifiée et pas de procédure pour l'atteindre –, la modélisation fait apparaître des sous-problèmes de types différents.

Devoir proposer des paramètres de structure pour des fonctions ou affordances préalablement identifiées est un type de sous-problèmes dès lors qu'on se focalise sur un jeu restreint de paramètres et non sur l'ensemble du produit. Devoir modéliser, calculer, expérimenter est un autre type de sous-problèmes. De même, effectuer une évaluation technique complexe. La situation d'un réseau tel qu'évoqué plus haut, complet mais non satisfaisant, est un autre type de sous-problème – peut-être le plus courant.

On voit ainsi la conception comme une succession d'épisodes de résolution de sous-problèmes, contingents ou non, avec ou non la possibilité de les traiter en parallèle. Elle est ponctuée par des états de définition du produit. Parfois, des remises en cause (recadrage) sont possibles.

Compétences associées

Les compétences relatives à ce niveau de description de l'activité combinent régulièrement cognitif et procédural puisqu'il s'agit également de prendre des décisions encore techniques, mais ayant potentiellement des impacts sur le processus lui-même.

Un concepteur doit être capable de finaliser un diagnostic de fonctionnement en listant un ensemble de sous-problèmes à chaque état intermédiaire de définition du produit. Il doit ensuite pouvoir les hiérarchiser, donner des priorités, après avoir effectué une préévaluation/estimation de ces sous-problèmes (temps de traitement, difficulté, moyens nécessaires, criticité...).

Dès lors qu'un sous-problème est l'objet d'un traitement, il doit être capable d'effectuer une analyse de ce sous-problème, plus approfondie et différente de l'analyse globale du produit, puis construire et conduire un processus de résolution avec ses étapes. Il doit développer des alternatives de solutions lorsque nécessaire et faire alterner des épisodes de résolution de sous-problèmes et de représentation, souvent très imbriqués.

La communication porte maintenant sur les démarches et les objectifs : être capable de communiquer sur ses intentions, les attendus, les outils de résolution utilisés / utilisables, les démarches, ainsi que fixer et négocier au besoin des objectifs à court terme (les objectifs des actions).

La métacognition porte d'abord sur la perception des objectifs à court terme et la capacité à les évaluer, et à s'y conformer. Elle porte également sur les choix, adaptations, voire le détournement ou l'abandon d'outils et de méthodes. Relativement à ses propres interlocuteurs, un concepteur doit aussi, en cours d'action, percevoir leurs potentialités et leurs limites d'action.

Compétences établies à partir du niveau macro/activité

Le niveau macro de description de la conception la considère comme une suite d'actions avec émergence de nouvelles propriétés et de nouveaux problèmes faisant suite à des décisions. Elle est aussi un projet inscrit dans un environnement et contraint par le temps et les moyens.

Un projet conduit sous forte incertitude

L'incertitude avec comme corollaire la dépendance du chemin résulte de plusieurs facteurs. Nous avons mentionné plus haut les effets de contingence liés à l'émergence de nouveaux paramètres (comportements, fonctions, affordances) puis les problèmes. Ce sont des facteurs internes à l'activité dont les concepteurs doivent être conscients. Il en résulte un paradoxe apparent : en proposant des solutions, un concepteur est susceptible de créer de nouveaux sous-problèmes qui contraindront son processus futur. De même, une incertitude toujours présente concerne la capacité à trouver des solutions plus ou moins aisées à développer, car il y a aussi des objectifs que l'on ne sait pas atteindre.

D'autres facteurs d'incertitude résultent pour leur part de facteurs externes : très concrètement, le temps, toujours contraint, et les moyens tant humains que matériels.

La conduite de l'activité doit être fondée sur une représentation plus ou moins formelle de ce processus, avec des étapes. Elle implique la gestion d'un projet agile dans lequel les actions peuvent être redéfinies à tout instant.

Compétences associées

Les compétences à acquérir sont celles de gestion d'un projet agile qui doit de plus prendre en compte les spécificités de la conception relative à d'autres projets.

Un concepteur doit être capable de se représenter son action et son processus et de décider des étapes à suivre. Il doit gérer son projet – moyens, rôles, actions... –, s'assurer que les décisions techniques sont prises et prendre les décisions de nature stratégique. Il doit de plus être capable de prendre en compte toutes les conséquences des décisions techniques sur le processus lui-même.

Avec ses collègues, clients ou parties prenantes, il doit être capable de négocier. En interne, il doit savoir montrer une détermination et une motivation à même d'enrôler ses collègues. Des compétences en management « transversal » sont nécessaires, car il ne bénéficie pas toujours d'une position hiérarchique.

La métacognition porte sur la perception du processus sur la longue durée, l'analyse de son propre environnement et de ses évolutions ainsi que la capacité à définir et à appliquer une stratégie.

CONCLUSION

Si nous avons relevé en introduction la complexité de cette activité, elle apparaît de façon encore plus évidente par la nature et la diversité du jeu de compétences qu'elle mobilise, ainsi que par les interactions entre ces compétences.

Former un concepteur efficace, c'est former un professionnel de haut niveau, capable d'associer des compétences techniques de son domaine à des compétences méthodologiques, organisationnelles, de communication, en management opérationnel et métacognitives, mobilisables dans des situations par essence de forte incertitude. De plus, en début de carrière, il doit rapidement intégrer des dimensions connexes à ce métier, touchant à la production, au marketing (produit), à la stratégie de développement, à la gestion de portefeuilles de projets et à la propriété industrielle...

Les réponses en termes de dispositifs de formation peuvent différer selon les domaines en pointant plus particulièrement sur l'un ou l'autre des aspects mentionnés. Ainsi, l'ingénierie mettra l'accent sur les méthodes et les outils là où le design renforcera les apprentissages de raisonnement visuel. Mais toutes ces formations se doivent de donner aux apprenants une ouverture sur la complexité de l'activité en visant la formation de personnalités, réflexives et adaptables. Ces formations intègrent également toutes une forme de confrontation au réel par des dispositifs d'apprentissage par projet, à même de donner une cohérence d'ensemble (DE GRAAFF, MARKKU, DEMLOVA, KURU *et* PELTOLA, 2007 ; EDER, 2006). Les projets sont aussi des dispositifs permettant l'émergence de nombre de problématiques d'apprentissage.

On peut alors interroger l'utilisation de la conception et de son apprentissage à des fins autres que la formation de concepteurs. Par la richesse des compétences mobilisées, un dispositif de projets de conception, quel que soit son domaine ou son ampleur, peut alimenter des apprentissages aussi divers que la créativité, la matérialisation d'idées, les évaluations et les prises de décisions, la communication sous des dimensions techniques et sociales, les techniques de présentation, la résolution de problèmes, le pilotage de projets en situation d'incertitudes, voire le management opérationnel..., sans oublier la réflexivité/métacognition, en lien avec une capacité à apprendre. Cette richesse est néanmoins une difficulté qu'il convient de maîtriser au risque de s'y perdre. Chaque formateur se doit alors d'identifier aussi clairement que possible ses propres objectifs et priorités, ce qui suppose de choisir de mettre au second plan certaines

– et parfois la majorité – des compétences mentionnées. Il pourra alors et seulement alors calibrer la nature du projet de conception et le dispositif pédagogique qui l'accompagne.

Références

- BLANDIN, B. (2012). The Competence of an Engineer and how it is Built through an Apprenticeship Program: a Tentative Model. *International Journal of Engineering Education*, 28(1), 57-71.
- BRANNICK, M. T., LEVINE, E. L. et MORGESON, F. P. (2007). *Job And Work Analysis: Methods, Research, And Applications for Human Resource Management*. Los Angeles : Sage Publications.
- CHOUlier, D. (2014). *Une approche théorique de la conception des objets techniques*. Belfort-Montbéliard : UTBM.
- DE GRAAFF, E., MARKKU, M., DEMLOVA, M., KURU, S. et PELTOLA, H. (2007). Innovative learning and teaching methods, *Reengineering engineering education in Europe*. Firenze : University press, Barri & Maffioli.
- DORST, K. et CROSS, N. (2001). Creativity in the design process: co evolution of problem solution. *Design Studies*, 22(5), 425-438.
- EDER, W. E. (2006). Pedagogics and didactics for engineering design education. *Proceedings of TMCE 2006*. Slovenia, Ljubljana : I. Horváth and J. Duhovnik.
- GERO, J. S. et KANNENGIESSER, U. (2004). The situated Function Behaviour framework. *Design Studies*, 25(4), 373-392.
- HATCHUEL, A. et WEIL, B. (2009). C-K design theory: an advanced formulation. *Research in Engineering Design*, 19(4), 181-192.
- MANDON, N. (1990). *La gestion prévisionnelle des compétences : la méthode ETED*. Paris : Cereq – collection les études.
- PAHL, G. et BEITZ, W. (1996). *Engineering design, a systematic approach*. London : Springer.
- SCHÖN, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner: Toward a new design for teaching and learning in the professions*. San Francisco : Jossey-Bass.
- SIMON, H. A. (1969/1996). *The sciences of artificial*. London : Cambridge.
- VISSER, W. (2004). *Dynamic Aspects of Design Cognition: Elements for a Cognitive Model of Design* (Rapport de recherche INRIA n° 5144) Databases, Knowledge Bases, Cognitive Systems, Projet EIFFEL : Rocquencourt.

Chapitre 2

John Didier et
Nathalie Bonnardel

Activités de conception créatives :
nouvelles perspectives dans la
formation des enseignants

Activités de conception créatives : nouvelles perspectives dans la formation des enseignants

John Didier et Nathalie Bonnardel

INTRODUCTION

Ce chapitre présente une recherche portant sur l'introduction des activités de conception créatives dans la formation des enseignants, dans le but de favoriser leur créativité à l'aide de techniques d'idéation basées sur l'approche Analogie et Gestion de Contraintes – A-GC (BONNARDEL, 2000, 2006 ; BONNARDEL et DIDIER, 2016 ; DIDIER et BONNARDEL, 2017). L'activité de conception, généralement étudiée en contexte professionnel (BONNARDEL, 2006 ; LEBAHAR, 2004, 2007) est mise en œuvre ici dans le cadre de la formation des futurs enseignants en école primaire. La recherche que nous présentons investigate le développement d'idées à la fois nouvelles et adaptées au contexte et, de ce fait, considérées comme créatives (LUBART, MOUCHIROUD, TORDJMAN et ZENASNI, 2015 ; BONNARDEL, 2006), proposées lors de la conception et de la réalisation d'objets techniques. Notre objectif est plus précisément d'analyser l'impact de techniques d'idéation lors de la mise en œuvre d'une activité de conception créative au cours de la formation d'enseignants généralistes. Nous proposons aux futurs enseignants de mettre en application des variantes du « *brainstorming* » (BONNARDEL, MAZON et WOJTCZUK, 2013 ; BONNARDEL et DIDIER, 2016, 2020) qui incitent les participants à se centrer soit sur la génération d'idées (censée favoriser la pensée divergente), soit sur la gestion de contraintes (censée favoriser à la fois la structuration et l'évaluation des idées) lors de la résolution d'un problème de conception créatif. Il est à noter que la mise en œuvre d'activités de conception créatives en contexte pédagogique devrait susciter la mobilisation de

processus cognitifs complexes, tels que la problématisation d'une tâche délicate, la construction de représentations mentales, l'évocation d'idées, la réalisation d'analogies, la gestion de différents types de contraintes, la prise de décision et l'évaluation de solutions de conception. Dans ce contexte, notre question générale de recherche peut être formulée de la façon suivante : quelles sont les conditions qui permettent de développer la créativité des enseignants en formation – et par la suite de leurs élèves – dans le cadre d'un enseignement pour la créativité fondé sur les activités de conception créatives ? Plus précisément, dans ce chapitre, nous présentons une étude visant à identifier des conditions permettant de favoriser la créativité à l'aide de modalités spécifiques qui pourront également favoriser, chez les enseignants, une approche analytique, créative et pratique du savoir. Il s'agit en effet d'une approche centrée sur l'articulation entre l'activité de conception (qui mobilise la pensée créative du concepteur) et l'activité de réalisation (qui confronte la génération d'idées à des situations concrètes et réelles).

CRÉATIVITÉ ET ACTIVITÉS DE CONCEPTION EN CONTEXTE DE FORMATION

La créativité en contexte de formation

La créativité est souvent définie comme la capacité à générer des solutions nouvelles et adaptées au contexte (BONNARDEL, 2002 ; LUBART *et al.*, 2015). Elle requiert la combinaison de différents types de facteurs (LUBART *et al.*, 2015 ; BONNARDEL et LUBART, 2019) : des facteurs cognitifs (intelligence, connaissances), conatifs (personnalité, motivation), émotionnels et environnementaux. Elle est souvent décrite comme dépendant à la fois de l'individu qui crée les nouveaux produits, et de l'environnement et de la société dans lesquels ces produits sont introduits (MACKINNON, 1978 ; CSÍKSZENTMIHÁLYI, 1996 ; NIU et STERNBERG, 2001 ; LUBART *et al.*, 2015). La créativité est, en outre, reconnue comme une compétence nécessaire et indispensable au ^{XXI}^e siècle, permettant de « revitaliser » l'économie mais également différents secteurs du domaine public (TEPPER et KUH, 2011). Selon Miller et Dumford (2014), le monde professionnel requiert l'arrivée d'individus à la fois créatifs, flexibles et compétents, capables de faire face à des tâches complexes sans procédures préétablies. Aussi, il apparaît nécessaire de développer la créativité dans les contextes de formation et d'éducation (OECD, 2014).

Dans le contexte éducatif, la créativité, qu'elle concerne les adultes ou les enfants, peut être axée sur l'enseignement créatif (« *creative teaching* », GIBSON, 2010), sur l'enseignement de la créativité (« *teaching for creativity* », JEFFREY et CRAFT, 2004) ou sur l'apprentissage créatif (« *creative learning* », LUCAS, 2001), ce qui a conduit à développer et à tester en classe divers programmes de formation à la créativité (TSAL, 2014). Selon le rapport NACCCE (1999), l'enseignement créatif se définit comme l'utilisation d'approches imaginatives pour rendre l'apprentissage plus intéressant et plus efficace. L'enseignement de la créativité se définit comme une forme d'enseignement destinée à développer le comportement créatif des élèves. Par ailleurs, l'enseignement de la créativité implique un enseignement créatif (NACCCE, 1999). L'apprentissage créatif est, quant à lui, focalisé sur le point de vue de l'apprenant et l'apprentissage qu'il réalise (LUCAS, 2001).

Selon Jeffrey et Craft (2004), l'enseignement créatif se caractérise par un enseignement qui donne la priorité aux stratégies qui engagent l'apprenant à s'investir dans les apprentissages de façon créative, en tenant compte de stratégies d'apprentissage liées à l'âge de l'apprenant, au contexte d'apprentissage ainsi qu'à l'individu lui-même. L'enseignement de la créativité intègre non seulement les aspects pédagogiques proprement dits, mais aussi la transmission de valeurs, telles que le sens des responsabilités en matière d'apprentissage et l'autonomie de l'apprenant pour se fixer des objectifs ou s'auto-évaluer. Ce type d'enseignement vise à valoriser et à encourager l'« identité créative » de l'apprenant (par exemple, sa sensibilité et sa curiosité) et à favoriser le développement de capacités créatives dans des situations pratiques (JEFFREY et CRAFT, 2004). Il devrait aussi amener l'apprenant à questionner et à évaluer le processus d'apprentissage lors de la réalisation de tâches complexes et lui permettre de réinvestir les savoirs dans des situations nouvelles et inédites. L'apprentissage créatif, focalisé sur l'apprenant, vise également le développement de la pensée créative en valorisant les idées, les pensées et les produits créatifs.

Selon Sternberg et Williams (1996), pour favoriser le développement du potentiel créatif dans le cadre de la formation des apprenants, il convient de privilégier un environnement qui permette de consacrer un temps suffisant à la pensée créative, de développer des idées et des produits créatifs pertinents, d'encourager la prise de risques, de favoriser l'imagination sous diverses perspectives et de formuler des hypothèses dans le cadre de questionnements. De même, Starko (1995) insiste sur l'apport pour l'apprenant d'être engagé dans une activité de résolution de problèmes lui permettant de générer plusieurs hypothèses alternatives.

En accord avec ces propositions, nous allons présenter une étude qui se situe dans le cadre général d'un enseignement orienté sur le développement de la créativité, en combinant enseignements et apprentissages créatifs. Plus précisément, cette étude porte sur l'utilisation de deux techniques spécifiques d'idéation (visant à favoriser l'évocation d'idées ou la gestion de contraintes liées au problème créatif) qui amènent les apprenants à mettre en œuvre des capacités créatives dans des situations pratiques. Ces techniques de développement de la pensée créative ont initialement été mises en place dans un contexte de formation en design (BONNARDEL et DIDIER, 2016 ; BONNARDEL et DIDIER, 2020) et, dans le cadre de la recherche présentée ici, nous avons étendu leur mise en application auprès d'enseignants en formation.

Les activités de conception en contexte de formation

Caractéristiques principales des problèmes de conception

Selon Demailly et Lemoigne (1986), « concevoir, c'est dessiner, exprimer un dessein par un dessin ou par une forme ou par un système de symboles, c'est créer ou construire, quelque modèle symbolique à l'aide duquel on inférera ensuite le réel » (p. 435-436). De façon similaire, pour Simon (1995), l'activité de conception consiste à concevoir des objets, des processus, des idées pour accomplir des buts, et montrer comment ces objets, processus ou idées peuvent être réalisés (p. 246). Aussi, proposer la réalisation d'activités de conception dans la formation revient à permettre à l'apprenant d'apprendre à réaliser des tâches complexes, basées sur des situations ouvertes et concrètes, qui l'entraînent à conscientiser les différents savoirs mobilisés pour traiter ce type de situation (ROGIERS, 2010).

Les activités de conception constituent des situations de résolution de problèmes dans la mesure où le concepteur ne dispose d'aucune procédure directement applicable pour atteindre le but recherché. Ainsi, pour résoudre un problème de conception, le concepteur doit définir un produit/un artefact ayant une fonctionnalité particulière et en se conformant à certaines spécifications (MALHOTRA, THOMAS, CAROLL et MILLER, 1980). Selon les auteurs, les problèmes de conception sont qualifiés d'« astucieux » (« *wicked problems* » ; RITTEL et WEBER, 1984), de « mal définis » (i.e. manquant de spécifications ou spécifiés de façon subjective ; EASTMAN, 1970) ou encore de problèmes « ouverts » (i.e. admettant plusieurs solutions ; FUSTIER, 1989). De ce fait, la résolution de problèmes de conception créatifs apparaît particulièrement complexe (pour plus de précisions cf. BONNARDEL, 2012 ; BONNARDEL et BOUCHARD, 2017 ; BONNARDEL, WOJTCZUK, GILLES et MAZON, 2018).

Résolution de problèmes de conception et modèle AGC

Dans le cadre de la conception et de la réalisation d'artefacts destinés à un usager et s'inscrivant dans un contexte prédéfini, le concepteur va devoir déployer une phase de recherche d'idées dans laquelle il va mobiliser des capacités d'encodage, de comparaison et de combinaison sélectives¹ ainsi que des capacités lui permettant de prélever dans l'environnement des informations en rapport avec le problème créatif à résoudre (LUBART *et al.*, 2015). Le modèle A-GC (BONNARDEL, 2000, 2006) permet de rendre compte de la résolution de problèmes de conception en soulignant l'articulation entre pensée analogique – et associations d'idées – et gestion de contraintes :

- La réalisation d'analogies, et de façon plus générale d'associations d'idées, concourt à l'émergence d'idées créatives plus ou moins éloignées du domaine conceptuel de l'objet à concevoir, et donc à la pensée divergente ;
- La gestion de contraintes concourt, quant à elle, à la fois à la pensée divergente et à la pensée convergente, car les contraintes jouent un rôle important lors de la définition-redéfinition du problème, lors de la génération d'idées et lors de leur évaluation, et permettent aux concepteurs de rechercher des solutions de conception adaptées au contexte et aux utilisateurs des futurs produits.

Plusieurs types de contraintes ont été identifiés : 1) les contraintes issues de l'énoncé du problème qui constituent une interprétation des données initiales – dites « contraintes prescrites » (EASTMAN, 1970 ; BONNARDEL, 1992 ; LEBAHAR, 1996) ; 2) les contraintes rajoutées par le concepteur qui sont issues de ses connaissances et de son expérience-contraintes qualifiées de « construites » (BONNARDEL, 1992, 2006) ; 3) les contraintes dites « déduites » qui découlent de l'analyse des contraintes déjà définies ou de l'état de résolution du problème (BONNARDEL, 1992, 2006). En outre, des contraintes implicites peuvent être inférées par l'individu sur la base d'une activité de compréhension des contraintes explicites (RICHARD et TIJUS, 1998 ; BONNARDEL, 1992). Les contraintes fonctionnant comme des limites portant sur différents aspects (fonction, forme, matériaux) de l'artefact ou du dispositif à concevoir (RESS et YOUNG, 1988) vont spécifier les propriétés de la solution recherchée et permettre au concepteur de définir et redéfinir le problème de conception, de se construire des représentations mentales progressivement plus complètes et plus précises, et d'élaborer et

1. La comparaison sélective se caractérise comme la capacité à observer des similitudes entre des domaines différents tandis que la combinaison sélective fait référence à la capacité à réunir des éléments de connaissances éloignés pour former de nouvelles combinaisons (LUBART *et al.*, 2015).

d'évaluer les solutions de conception (BONNARDEL, 1992, 1995). Il est à noter que les activités de conception créatives requièrent la construction de représentations mentales, mais également de représentations externes de l'objet en cours de conception (BONNARDEL, 2009, 2012 ; GOLDSCHMIDT, 2001 ; SCHÖN, 1983), par exemple sur la base d'esquisses puis de maquettes virtuelles (réalisées avec un logiciel de CAO – conception assistée par ordinateur) et/ou de maquettes physiques de l'artefact (ou d'une partie de l'artefact).

La conception et la réalisation d'artefacts au cours de la formation devraient ainsi permettre aux apprenants (élèves, étudiants ou futurs enseignants) de développer un capital d'expérience en ce qui concerne les processus cognitifs et les gestes professionnels qui pourront être directement exploités dans leurs pratiques ultérieures.

RECHERCHE DANS UN CONTEXTE DE FORMATION DE FUTURS ENSEIGNANTS

Objectif et hypothèse générale

L'objectif de cette recherche est de déterminer si des conditions de conception spécifiques peuvent faciliter la proposition de solutions en vue de la conception d'objets techniques dans un contexte de formation. Nous émettons l'hypothèse générale que la pensée créative de l'apprenant peut être stimulée de façon différenciée en fonction de facteurs environnementaux consistant, en l'occurrence, en des consignes à suivre lors de la phase d'idéation.

Procédure

Cette étude comprend deux phases successives de recueil de données. Dans un premier temps, trois groupes de participants ont eu à concevoir et à réaliser un objet technique tout en se conformant à des techniques d'idéation dérivées de l'approche A-GC (pour deux groupes expérimentaux) ou en procédant comme ils le souhaitent (pour le groupe « contrôle »). Dans un second temps, les productions de ces participants ont été soumises à des spécialistes en activités créatives afin que ces derniers portent des jugements sur ces productions en fonction de critères spécifiques.

Techniques d'idéation CQFD et CQHD

Au cours de la première phase de cette étude, un premier groupe de participants a été confronté à un système de règles inspiré de la méthode du *brainstorming* proposée par Osborn (1963). Cette technique d'idéation, intitulée CQFD (BONNARDEL, MAZON et WOJTCZUK, 2013 ; BONNARDEL et DIDIER, 2016), amène chaque participant à se conformer aux règles suivantes :

- C : fait référence à la censure en rejetant toute autocensure,
- Q : renvoie à la quantité afin d'inciter chaque participant à générer un maximum d'idées,
- F : fait référence à la prolifération d'idées farfelues ou inhabituelles,
- D : renvoie à la démultiplication ou à la combinaison d'idées en vue d'en générer de nouvelles.

Un deuxième groupe de participants a été confronté à la technique d'idéation dite CQHD, qui a été proposée afin d'amener les participants à se focaliser sur la hiérarchisation de contraintes liées au problème de conception (BONNARDEL, MAZON, et WOJTCZUK, 2013 ; BONNARDEL et DIDIER, 2016). Dans ce cas, chaque participant devait se conformer aux règles suivantes :

- C : fait référence aux contraintes liées au problème de conception,
- Q : renvoie à la quantité afin d'inciter chaque participant à générer un maximum de contraintes,
- H : fait référence à la hiérarchisation des contraintes,
- D : renvoie à la démultiplication ou à la combinaison des contraintes afin d'en générer de nouvelles.

Les deux techniques, construites sur une base commune, devraient inciter les participants à se focaliser sur des aspects différents lors de la résolution du problème de conception.

Participants

Participants pour la tâche de conception

Lors de la première phase de la recherche, les participants ayant à effectuer une tâche de conception sont 34 étudiants en « bachelor primaire » qui se destinent à l'enseignement du cycle 2 harmos (8-11 ans) en Suisse romande. Ces étudiants sont en deuxième année de formation et, pendant leurs stages, ils apprennent à concevoir et à réaliser des objets techniques avec leurs élèves. Les mises en situation ciblées sur les activités de conception ont lieu dans le cadre de séminaires de « didactique en activités créatrices et manuelles ».

Lors de cette étude, les participants ont été répartis en trois groupes : un premier groupe de douze étudiants a disposé du cahier des charges relatif à l'objet à concevoir ainsi que des règles CQFD ; un second groupe de douze étudiants a disposé du cahier des charges ainsi que des règles CQHD ; le troisième groupe (groupe « contrôle »), composé de dix étudiants, a disposé uniquement du cahier des charges sans aucune règle, ni précision supplémentaire.

Participants pour la tâche d'évaluation

Lors de la deuxième phase de cette recherche, le jury procédant à l'évaluation des productions créatives recueillies dans la première phase de cette recherche est composé de 16 enseignants ayant suivi une spécialisation « post-grade » dans la discipline des activités créatrices et manuelles.

Tâche de conception

Les participants à la première phase de ce travail ont eu à développer un projet portant sur la conception et la réalisation d'un objet technique (un porte-clés) en regard d'un contexte précis et tout en anticipant la réalisation de l'objet technique et de son utilisation. Quels que soient les groupes, les participants ont eu à concevoir et à réaliser un porte-clés en feutrine rembourré de ouatine. Le cahier des charges de cet objet technique est volontairement simple (cf. document 1) afin de faciliter son appropriation par les apprenants, et donc ici les futurs enseignants, en vue d'une éventuelle mise en œuvre ultérieure avec leurs élèves.

Consigne présentée aux participants :

Vous devez concevoir et réaliser un porte-clés en feutrine et rembourré de ouatine en utilisant le matériel à votre disposition. Pour cela, vous disposez de deux périodes de 45 minutes, sachant que le porte-clés doit respecter les contraintes prescrites suivantes :

- Il doit pouvoir être facilement manipulable.
- Il doit pouvoir tenir dans une poche ou dans un sac.
- Il doit être de qualité de boutique (ce qui signifie dans ce contexte une bienfacture de qualité).
- Il doit être résistant et durable (résister à un usage fréquent au quotidien).
- Il doit intégrer un anneau métallique pour les clés et être solide.

Document 1. Cahier des charges remis aux participants.

Les participants devaient concevoir leurs propres porte-clés en les représentant à l'aide d'esquisses, de schémas et de croquis, puis les réaliser en feutrine en les rembourrant de ouatine.

Évaluation des productions créatives

Tous les projets de conception recueillis ont ensuite été soumis de façon anonyme et dans un ordre aléatoire aux spécialistes de la discipline des activités créatrices et manuelles. Ces derniers ont eu à les évaluer (sur la base d'une échelle de Likert) en fonction de différents critères fournis dans un questionnaire : 1) le niveau de satisfaction globale du projet de conception ; 2) le caractère adapté du projet de conception par rapport au cahier des charges ; 3) la faisabilité du projet ; 4) la dimension novatrice du projet ; 5) la dimension inattendue du projet.

Ces différents critères ont été choisis afin de refléter à la fois des exigences liées à la pensée divergente et à la pensée convergente (cf. BONNARDEL et DIDIER, 2016) et, donc, pour évaluer le caractère à la fois novateur et adapté au cahier des charges des projets de conception des participants.

RÉSULTATS

Afin de déterminer si les notes attribuées aux projets de conception dépendaient des conditions de réalisation de la tâche (CQFD, CQHD, ou contrôle), une analyse statistique a été réalisée sur la base du modèle *Generalized Estimating Equations* (GEE) (ZEGER et LIANG, 1986). De plus, pour prendre en compte le fait que ce sont les mêmes juges qui ont évalué les projets de conception produits dans chacune des trois conditions de conception (CQFD, CQHD et contrôle), une analyse statistique de type ANOVA à mesures répétées a été effectuée, puis nous avons utilisé des *t* de Student pour échantillons appariés pour les mêmes raisons.

Les résultats obtenus montrent des différences significatives entre les groupes en fonction de quatre critères d'évaluation parmi les cinq pris en compte : la satisfaction globale du projet de conception, le caractère adapté du projet conception par rapport au cahier des charges, la dimension novatrice du projet et la dimension inattendue de ce projet. Seul le critère de *faisabilité des projets de conception* n'a pas permis d'observer de différence significative entre les trois conditions de conception.

Satisfaction globale des projets

Les résultats relatifs à la satisfaction globale du projet de conception (cf. figure 1) ont permis de montrer une différence de moyenne significative entre les projets des participants produits en condition CQFD (évocation d'idées) ($M=3.32$; $E.T.=0.6$) et ceux des participants en condition CQHD

(hiérarchisation de contraintes) ($M=3.13$; $E.T.=0.5$) ($p=0.02$). Nous observons également une différence de moyenne significative entre les projets de conception des participants en condition CQFD (évoation d'idées) ($M=3.32$; $E.T.=0.6$) et ceux des participants du groupe « contrôle » ($M=2.95$; $E.T.=0.8$) ($p=0.005$).

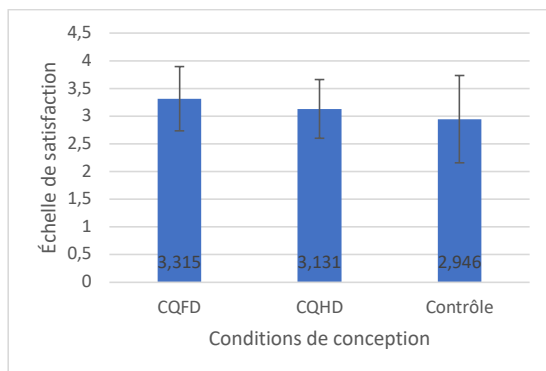


Figure 1. Résultats obtenus dans les conditions CQHD, CQFD et contrôle en ce qui concerne la satisfaction globale du projet de conception.

Caractère adapté au cahier des charges

Les résultats relatifs au caractère adapté du projet par rapport au cahier des charges (cf. figure 2) montrent une différence de moyenne significative entre les productions des participants en condition CQFD (évoation d'idées) ($M=3.31$; $E.T.=0.6$) et celles du groupe « contrôle » ($M=3.07$; $E.T.=0.7$) ; ($p=0.04$).

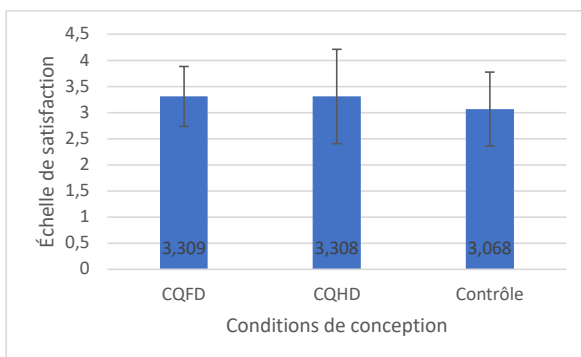


Figure 2. Résultats obtenus dans les conditions CQHD, CQFD et contrôle en ce qui concerne le caractère adapté du projet en fonction du cahier des charges.

Dimension novatrice du projet de conception

Les résultats relatifs à la dimension novatrice du projet de conception (cf. figure 3) montrent une différence de moyenne significative entre les projets de conception des participants en condition CQFD (évocation d'idées) ($M=2.94$; $E.T.=0.8$) et ceux des participants en condition CQHD (hiérarchisation de contraintes) ($M=2.66$; $E.T.=0.8$) ; ($p=0.001$). Nous relevons également une différence de moyenne significative entre les projets de conception des participants en condition CQFD (évocation d'idées) ($M=2.94$; $E.T.=0.8$) et ceux du groupe « contrôle » ($M=2.28$; $E.T.=0.6$) ; ($p=0.0002$). De plus, nous observons une différence de moyenne significative entre les projets de conception des participants en condition CQHD (hiérarchisation de contraintes) ($M=2.66$; $E.T.=0.8$) et ceux du groupe « contrôle » ($M=2.28$; $E.T.=0.6$) ; ($p=0.01$).

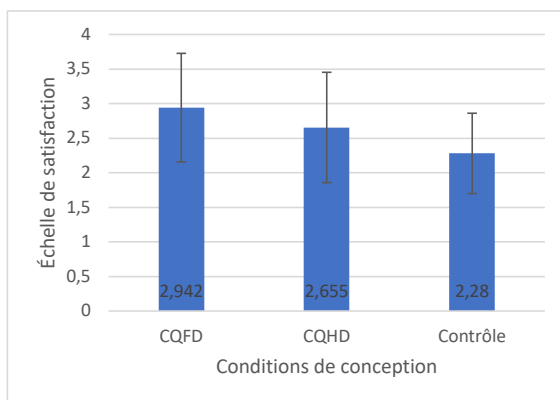


Figure 3. Résultats obtenus dans les conditions CQHD, CQFD et contrôle en ce qui concerne la dimension novatrice du projet de conception.

Dimension inattendue du projet de conception

Les résultats relatifs à la dimension inattendue du projet de conception (cf. figure 4) mettent en évidence une différence de moyenne significative entre les projets des participants en condition CQFD (évocation d'idées) ($M=2.94$; $E.T.=0.9$) et ceux des participants du groupe « contrôle » ($M=2.25$; $E.T.=0.7$) ; ($p=0.0001$). Nous observons également une différence significative entre les projets de conception des participants en condition CQHD (hiérarchisation des contraintes) ($M=2.58$; $E.T.=0.8$) et ceux du groupe contrôle ($M=2.25$; $E.T.=0.7$) ; ($p=0.01$).

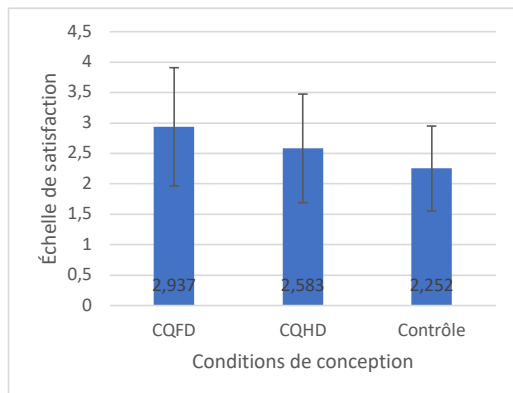


Figure 4. Moyennes des résultats obtenus dans les conditions CQHD, CQFD et contrôle en ce qui concerne la dimension inattendue du projet de conception.

DISCUSSION

Dans un premier temps, les résultats obtenus dans le cadre de cette étude sont synthétisés et commentés, puis nous discuterons de façon plus générale de la mise en œuvre de techniques d'idéation et d'activités créatives dans des contextes de formation.

Synthèse des résultats

L'étude présentée dans ce chapitre a tout d'abord permis de montrer que les projets des participants en *condition de conception centrée sur l'évocation d'idées* (CQFD) ont été jugés :

- davantage *satisfaisants* que les projets réalisés par les participants en condition de conception centrée sur la gestion de contraintes (CQHD) ($p=0,02$) et que ceux des participants du groupe contrôle ($p=0,05$) ;
- *plus novateurs* que ceux produits par les participants centrés sur la prise en compte de contraintes (condition CQHD) ($p=0,001$) et que ceux produits dans la condition contrôle ($p=0,0002$) ;
- *plus inattendus* que ceux du groupe « contrôle » ($p=0,0001$) ;
- *plus adaptés* par rapport au cahier des charges que ceux du groupe « contrôle » ($p=0,04$).

La condition de conception centrée sur l'évocation d'idées (CQFD) semble donc être particulièrement appropriée pour de futurs enseignants puisque les projets produits dans cette condition ont été considérés par

les juges non seulement comme les plus novateurs et les plus inattendus, mais aussi comme les plus satisfaisants et les plus adaptés au cahier des charges. Cette condition de conception CQFD semble en effet favoriser la génération d'idées nouvelles et inattendues – se manifestant dans les productions réalisées par les participants – tout en permettant également la prise en compte de contraintes (qu'il s'agisse de contraintes prescrites figurant dans le cahier des charges ou rajoutées par les participants dans le cas de contraintes construites ou déduites), ce qui expliquerait que les projets réalisés dans cette condition soient également considérés comme adaptés au cahier des charges et globalement les plus satisfaisants.

Les résultats obtenus dans cette étude ont également permis de montrer que la *condition centrée sur la gestion de contraintes* (CQHD) était préférable à une absence de consignes ou de règles spécifiques pour l'activité de conception, comme cela est le cas dans la condition contrôle. En effet, les projets réalisés dans la condition CQHD ont été considérés comme plus novateurs ($p=0,01$) et plus inattendus ($p=0,01$) que les projets du groupe « contrôle ». Ainsi, même des règles amenant les participants à gérer et hiérarchiser des contraintes liées au problème de conception semblent favoriser la production d'idées nouvelles et inattendues, se manifestant dans les projets de conception réalisés en condition CQHD, par comparaison aux projets réalisés dans la condition contrôle.

En regard de notre problématique de recherche, nous avons pu montrer que des techniques d'idéation basées sur l'approche A-GC semblent offrir des conditions propices à la proposition d'idées créatives lors de la réalisation d'une tâche de conception.

Effets différenciés des techniques d'idéation dans des contextes de formation

Malgré des différences dans les performances créatives auxquelles elles donnent lieu, les deux techniques d'idéation CQFD et CQHD semblent présenter un intérêt lors de tâches de conception réalisées dans un contexte de formation. Ainsi, si la technique centrée sur l'évocation d'idées (CQFD) semble être la plus adaptée pour de futurs enseignants, la technique centrée sur la gestion de contraintes (CQHD) s'est révélée, lors d'une étude antérieure, la plus adaptée pour des étudiants en design (BONNARDEL et DIDIER, 2016). Cette divergence de résultats peut s'expliquer par des objectifs pédagogiques spécifiques dans ces formations, auxquels peuvent se rajouter des traits de personnalité différents selon les profils des étudiants. Ceux qui deviendront des enseignants ne sont généralement pas formés dans une perspective de développement des capacités créatives, ni de recherche de créativité, et il se peut que cela ne

corresponde pas particulièrement à leurs aspirations ou à leurs traits de personnalité. Aussi, inciter ces étudiants à évoquer des idées originales et même farfelues peut les amener à sortir du « cadre scolaire » habituel et, de ce fait, à parvenir à des solutions jugées les plus créatives, car satisfaisant à la fois le caractère nouveau et le caractère adapté au contexte. Les étudiants en design se sont généralement engagés dans cette formation en fonction d'une aspiration à exercer un métier créatif (qui peut refléter certains de leurs traits de personnalité) et les enseignements qui leur sont délivrés visent en partie à favoriser la réalisation d'activités créatives. Aussi, inciter ces étudiants à gérer des contraintes liées au problème de conception au moyen de la technique CQHD – avant de se lancer dans la génération d'idées – peut les aider à définir et redéfinir le problème de conception et ainsi à parvenir à des productions jugées les plus créatives.

Enfin, il se peut que la difficulté des tâches de conception proposées à ces deux types de participants explique également les différences dans les résultats obtenus dans ces deux études : la tâche de conception qui a été proposée aux étudiants en design (élaboration d'un dispositif pour un environnement urbain) apparaît plus complexe que celle demandée aux futurs enseignants (conception d'un porte-clés). Ainsi, des participants confrontés à une tâche de conception relativement simple peuvent directement évoquer des idées nouvelles et adaptées afin de les mettre en application dans leurs projets. Au contraire, une tâche de conception plus complexe peut requérir un travail plus approfondi portant sur les contraintes à respecter avant que les participants soient en mesure d'évoquer des idées qui seront jugées à la fois nouvelles et adaptées au problème de conception.

Introduction d'activités créatives en contexte de formation

La réalisation d'activités de conception peut permettre aux apprenants (élèves, étudiants ou enseignants en formation) de développer une approche analytique, créative et pratique dans la construction du rapport au savoir. En effet, l'activité de conception requiert une phase de recherche et de génération d'idées tout en mobilisant et en associant différents savoirs liés à un objet (notamment, technique). Cette activité de conception engendre ainsi une génération d'idées créatives qui permet au concepteur de proposer des solutions pour satisfaire différents types de contraintes relatives à l'objet, incluant la prise en compte des aspects utilitaires, fonctionnels, communicationnels et esthétiques (DIDIER, 2017) ainsi que sa réalisation ultérieure. En effet, cette centration sur l'activité de conception facilite également l'anticipation des différentes étapes de production d'un objet technique ainsi que l'anticipation de son usage

ultérieur, conformément au modèle théorique « Conception-Réalisation-Socialisation » (BONNARDEL et DIDIER, 2016 ; DIDIER et BONNARDEL, 2017 ; DIDIER, 2017). Les capacités créatives de l'apprenant peuvent ainsi être mobilisées dans des situations concrètes et, en particulier, lors de la conception d'objets simples ne nécessitant pas d'expertise particulière.

Les recherches que nous avons réalisées montrent en outre que la mise en application de techniques d'idéation basées sur le modèle A-GC (BONNARDEL, 2000, 2006) contribue à favoriser le développement d'une « créativité contextualisée », qui amène l'apprenant à évoquer des idées dans le cadre d'un « environnement cognitif contraint » (BONNARDEL, 2000, 2006) – ce dernier étant, comme nous l'avons indiqué, constitué de contraintes nombreuses et variées (EASTMAN, 1970 ; LEBAHAR, 1996 ; BONNARDEL, 1992, 2006).

L'introduction d'activités de conception dans un contexte de formation, notamment lorsqu'elle est associée à des techniques d'idéation telles que celles proposées dans cette étude, suscite la mise en œuvre par l'apprenant de processus cognitifs, tels que la construction de représentations mentales, l'évocation d'idées et la prise de décision en lien avec la gestion de contraintes. De telles activités favoriseraient l'acquisition de compétences transversales qui sont requises si l'on souhaite privilégier à la fois (1) un enseignement pour la créativité qui valorise la prise de risques et la production d'idées et de produits créatifs, (2) un enseignement créatif qui favorise l'imagination de l'apprenant et la résolution de problèmes ouverts présentant plusieurs solutions, et (3) des apprentissages créatifs qui requièrent des questionnements métacognitifs travaillés à l'aide de la formulation d'hypothèses et de la mise en œuvre de techniques de créativité (JEFFREY et CRAFT, 2004 ; GIBSON, 2010 ; LUCAS, 2001).

En conclusion, nous pouvons considérer qu'un enseignement s'irriguant des apports théoriques issus des approches didactiques et des approches cognitives et ergonomiques, et sous-tendu à la fois par les modèles « Conception-Réalisation-Socialisation » (DIDIER, 2017) et « Analogies et Gestion de Contrainte » (BONNARDEL, 2000, 2006), peut contribuer à développer un nouveau type de rapport au savoir, fondé sur l'analyse et la réalisation de tâches complexes et sur la mobilisation de la pensée créative en contexte pratique (STERNBERG et GRIGORENKO, 2004).

Références

BONNARDEL, N. (1992). Les référents évaluatifs dans les activités de conception. *Technologie Idéologie Pratiques*, 10, 147-159.

- BONNARDEL, N. (1995). L'évaluation dans les activités de conception : vers une assistance ergonomique. *Psychologie Française*, 40, 99-110.
- BONNARDEL, N. (2000). Towards understanding and supporting creativity in design: Analogies in a constrained cognitive environment, *Knowledge-Based Systems*, 13, 505-513.
- BONNARDEL, N. (2002). Entrée : Créativité. Dans G. TIBERGHIE (dir.), *Dictionnaire des Sciences cognitives* (p. 95-97). Paris : Armand Colin/VUEF.
- BONNARDEL, N. (2006, réédition 2012). *Créativité et conception : Approches cognitives et ergonomiques*. Marseille : Solal/De Boeck.
- BONNARDEL, N. (2009). Activités de conception et créativité : de l'analyse des facteurs cognitifs à l'assistance aux activités de conception créatives. *Le Travail Humain*, 72(1), 5-22.
- BONNARDEL, N. (2012). Designing future products: What difficulties do designers encounter and how can their creative process be supported? *Work, A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation*, 41, 5296-5303.
- BONNARDEL, N. et BOUCHARD, C. (2017). Creativity in Design. Dans J. C. KAUFMAN, V. P. GLAVEANU et J. BAER (Eds.), *Cambridge Handbook of Creativity Across Different Domains* (p. 403-427). New York : Cambridge University.
- BONNARDEL, N. et DIDIER, J. (2016). Enhancing creativity in the educational design context: An exploration of the effects of design project-oriented methods on students' evocation processes and creative output. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 15(1), 80-101.
- BONNARDEL, N. et DIDIER, J. (2020). Brainstorming variants to favor creative design. *Applied Ergonomics*, 83, 102987 [doi.org/10.1016/j.apergo.2019.102987]
- BONNARDEL, N. et LUBART, T. (2019). La créativité : approches et méthodes en psychologie et en ergonomie. *RIMHE - Revue Interdisciplinaire, Management, Homme & Entreprise*, 37, 79-98.
- BONNARDEL, N., MAZON, S. et WOJTCZUK, A. (2013). Impact of project-oriented educational methods on creative design. *Proceedings of the 31st European Conference on Cognitive Ergonomics – ECCE 2013*, Toulouse, France, article n° 6. New York : ACM Press.
- BONNARDEL, N., WOJTCZUK, A., GILLES, P.Y et MAZON, S. (2018). The creative process in design. Dans T. Lubart (Ed.), *The Creative Process: Perspectives from multiple domains* (p. 229-254). New York : Palgrave Macmillan.
- CRAFT, A., JEFFREY, B. et LEIBLING, M. (Eds.) (2001). *Creativity in education*. London, New York : Continuum.
- CSIKSZENTMIHALYI, M. (1996). *Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention*. New York : Harper Collins.
- DEMAILLY, A. et LEMOIGNE, J.L. (1986). *Sciences de l'intelligence, sciences de l'artificiel*. Lyon : PUL.
- DIDIER, J. et BONNARDEL, N. (2017). Développer la créativité à l'aide d'activités de conception créatives dans le domaine de la formation. *Actes de la Recherche*, 11, 45-61.
- DIDIER, J. (2017). Didactique de la conception et démocratie technique. Dans J. DIDIER, Y. LEQUIN et D. LEUBA (dir.), *Devenir acteur dans une démocratie technique. Pour une didactique de la technologie* (p. 135-154). Belfort-Montbéliard : UTBM.
- EASTMAN, C. M. (1970). On the analysis of intuitive design processes. Dans G. Moore (Ed.), *Emerging Methods in Environmental Design and Planning* (p. 21-37). Cambridge, MA : PIT Press.
- FUSTIER, M. (1989). *La résolution de problème : méthodologie de l'action*. Paris : Éditions ESF & Librairies Techniques.
- GIBSON, R. (2010). The "art" of creative teaching: Implications for higher education. *Teaching in Higher Education*, 15(5), 607-613. Repéré à <http://dx.doi.org/10.1080/13562517.2010.493349>.
- GOLDSCHMIDT, G. (2001). Is a figure concept binary argumentation pattern inherent in visual design reasoning? Dans J. S. Gero, B. Tversky et T. Purcell (Eds), *Visual and Spatial Reasoning in Design II* (p. 177-206). Sydney : University of Sydney.
- JEFFREY, B. et CRAFT, A. (2004). Teaching creatively and teaching for creativity: distinctions and relationships. *Educational Studies*, 30(1), 77-87.

- LEBAHAR, J. C. (1996). L'activité de simulation d'un dessinateur CAO dans une tâche de conception. *Le Travail Humain*, 59, 253-275.
- LEBAHAR, J. C. (2004). Didactique de la conception : le cahier des charges évolutif. Dans R. SAMURÇAY et P. PASTRÉ, *Recherches en didactique professionnelle* (p. 137-158). Toulouse : Octarès.
- LEBAHAR, J. C. (2007). *La conception en design industriel et en architecture : désir, pertinence, coopération et cognition*. Paris : Lavoisier.
- LUBART, T. (2017). The 7 C's of Creativity. *The Journal of Creative Behavior*, 51, 293-296.
- LUCAS, B. (2001). Creative teaching, teaching creativity and creative learning. Dans A. CRAFT, B. JEFFREY et M. LEIBUNG (Eds.), *Creativity in education* (p. 35-44). New York, NY: Continuum.
- LUBART, T., MOUCHIROUD, C., TORDJMAN, S. et ZENASNI, F. (2015). *Psychologie de la créativité*. Paris : Armand Colin.
- MACKINNON, D. W. (1978). *In search of human effectiveness: Identifying and developing creativity*. Buffalo, NY: Creative Education Foundation.
- MALHOTRA, A., THOMAS, J. C., CAROLL, J. M. et MILLER, L. A. (1980). *Cognitive process in design*. *International Journal of Machine Studies*, 12, 119-140.
- MILLER, A. et DUMFORD, A. (2014). Creative Cognitive Processes in Higher Education. *The Journal of Creative Behavior*, 50(4), 282-293.
- NACCCE (1999). *All our futures: creativity, culture and education*. London : DfEE.
- NIU, W. et STERNBERG, R. J. (2001). Cultural influences on artistic creativity and its evaluation. *International Journal of Psychology*, 36(4), 225-241.
- OECD (2014). *PISA 2012 Results: Creative Problem Solving: Students' Skills in Tackling Real-Life Problems (volume V)*, PISA, OECD Publishing. Repéré à <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208070-en>.
- OSBORN, A. F. (1963). *Applied Imagination: Principles and Procedures of creativity Thinking*. New York: Charles Scribner's Son Press.
- RESS, D. A. et YOUNG, R. E. (1998). A distributed fuzzy constraint satisfaction system with context-based reasoning. *International Journal of Human-Computer Studies*, 48, 393-407.
- RICHARD, J.F. et TIJUS, C. (1998). Modelling the affordances of objects in problem solving. Dans A. C. QUELHAS et F. PEREIRA (Eds.), *Cognition and Context* (p. 293-316). Lisbona : ISPA.
- RITTEL, H. et WEBBER, M. M. (1984). Planning problems are wicked problems. Dans N. CROSS (Ed.), *Developments in Design Methodology* (p. 135-144). New York : John Wiley & Sons, Inc.
- ROGIER, X. (2010). *Une pédagogie de l'intégration. Compétence et intégration des acquis dans l'enseignement*. Bruxelles : De Boeck Université.
- SCHÖN, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in actions*. New York : Basic Books.
- SIMON, H. A. (1995). Problem forming, problem finding and problem solving in design. Dans A. Collen et W. Gasrparski (Eds.), *Design & Systems* (p. 245-257). New Brunswick : Transaction Publishers.
- STARKO, A. (1995). *Creativity in the classroom*. White Plains, NY: Longman.
- STERNBERG, R. J. et GRIGORENKO, E. (2004). Successful Intelligence in the Classroom. *Theory Into Practice*, 43(4), 274-280.
- STERNBERG, R. et WILLIAMS, W. (1996). *How to develop student creativity*. ALEXANDRIA, VA : Association for Supervision and Curriculum Development.
- TEPPER, S. J. et KUH, G. D. (2011). Let's get serious about cultivating creativity. *The Chronicle of Higher Education*. Repéré à <http://chronicle.com/>.
- TSAI, K. T. (2014). A Review of the effectiveness of creative training on adult learners. *Journal of Social Sciences Studies*, 1(1), 1730.
- ZEGER, S. et LIANG, K-Y. (1986). Longitudinal data analysis for discrete and continuous outcomes. *International Biometric Society*, 42(1), 121-130.

Chapitre 3

Marianne Chouteau,
Joëlle Forest, Céline Nguyen

Concevoir en donnant du sens
à l'innovation : l'approche P.S.I.

Concevoir en donnant du sens à l'innovation : l'approche P.S.I.

Marianne Chouteau, Joëlle Forest, Céline Nguyen

INTRODUCTION

D'abord perçue négativement, car elle remettait en cause l'ordre établi et les routines constitutives des sociétés anciennes, l'innovation acquiert ses lettres de noblesse à la période des Lumières, désormais associée à l'idée de progrès. Au début du ^{xx}^e siècle, la relation au progrès s'estompe au profit de celle établie avec la croissance économique. Facteur clé de la compétitivité et de l'emploi, elle devient le fer de lance de la politique économique et une préoccupation croissante des entreprises qui voient en elle un moyen de faire face à une concurrence exacerbée.

La relation innovation/compétitivité a progressivement conduit à l'émergence d'une injonction à innover, injonction qui est devenue une caractéristique des sociétés contemporaines occidentales amenant une « massification de la production d'innovations ». Mais cette massification interroge. Qu'apporte en réalité cette course à la nouveauté ? D'aucuns soulignent les effets pervers du processus de destruction créatrice qui accompagne l'innovation. Le philosophe Huyghe (2013) suggère, pour sa part, qu'aujourd'hui on innove sans questionner les finalités.

Aussi pour éviter que l'innovation ne soit un « maître mot », pour reprendre l'expression de Huyghe (2013), il nous paraît fondamental de contribuer au développement de la culture technique. Dans un précédent travail (CHOUTEAU, FOREST et NGUYEN, 2017), nous avons indiqué que la culture technique comporte trois niveaux d'analyse complémentaires auxquels nous associons trois points de vue. Le premier est celui des connaissances relatives à la structure et à la composition de l'objet. Ce niveau est celui qui intéresse en premier lieu l'ingénieur ou le technicien et il est traditionnellement pris en charge par les enseignants de Sciences pour l'ingénieur. Le second niveau

concerne l'usage de l'objet. Ce niveau permet de constater en quoi l'objet peut modifier les usages ou pratique des usagers et, à l'inverse, comment les usagers ont un pouvoir sur l'objet (transformation, détournement d'usage...). Nombre d'entreprises ont en effet appris à leurs dépens qu'il ne suffit pas d'exceller dans le développement d'une nouvelle technologie pour innover. Enfin, le troisième niveau se situe au niveau du sens de l'objet technique. De quel(s) sens l'objet est-il porteur ? En quoi est-il révélateur, par exemple de rapports de pouvoir, d'une utopie ou d'un sentiment d'appartenance ? En quoi est-il issu avant tout : de choix politiques ou humains ? Par exemple, la question est particulièrement vive dans le domaine de l'énergie où on se rend compte à quel point les choix techniques sont également des choix politiques qui, non seulement engagent l'avenir de la planète, mais aussi l'égalité devant l'accès à l'énergie. Le développement de cette culture technique nous paraît d'autant plus nécessaire que s'imposent à nous des défis sans précédent (réduction de la consommation d'énergie, numérisation du monde, réchauffement climatique, pollution, etc.) dont les solutions impactent et impacteront en profondeur notre société.

Se pose alors la question de savoir comment mobiliser la culture technique pour innover ?

Pour ce faire, nous proposons, dans la présente contribution, de présenter l'approche Penser le Sens de l'Innovation (P.S.I.)^{1et2}. Nous présenterons les deux piliers au cœur de cette approche, l'imaginaire et le test, en prenant soin de mettre en évidence les relations que les activités proposées renferment. Mais avant de détailler ces deux piliers, revenons sur l'esprit général de cette approche.

L'APPROCHE P.S.I. : ÉLÉMENTS DE CADRAGE

La question du sens, pierre angulaire de l'approche P.S.I.

Un certain nombre d'approches considèrent que le point de départ du processus d'innovation est le processus d'idéation qui consiste à faire émerger puis à sélectionner des idées. Mais la démultiplication de la

1. Ce texte a été rédigé en 2017. Le point de vue des auteurs a été précisé dans l'ouvrage « Quelles innovations pour quelles sociétés ? » (CHOUTEAU, FOREST et NGUYEN, 2020)

2. Cette approche est fondée sur des recherches en SHS centrées sur l'étude du processus de conception, le rôle de l'imaginaire et des récits pour penser la technique et les formations d'ingénieurs. Ces recherches ont été initiées il y a plus de dix ans au sein de l'équipe STOICA de l'INSA Lyon. Elles se poursuivent aujourd'hui au sein du S2HEP (Sciences, Société, Historicité, Éducation et Pratiques de l'Université Lyon 1) et de la chaire Saint-Gobain-INSA Lyon *Ingénieurs ingénieux* (dans le cadre de l'Institut Gaston Berger). Elle est également fondée sur la conception et l'expérimentation d'enseignements de SHS dédiés à l'innovation, et plus particulièrement à son processus central qu'est le processus de conception.

production d'idées n'est pas le gage d'une capacité effective à innover. Ce constat a conduit à l'émergence de nouvelles méthodes, à l'instar du *Design Thinking* dont le crédo est de mieux répondre aux besoins réels des usagers en remettant « l'humain au centre ». Pour ce faire, le *Design Thinking* propose de définir le problème en le nourrissant de recherches sur le terrain. Vient alors une phase d'idéation, à l'issue de laquelle le concept le plus pertinent est sélectionné puis rendu concret via la réalisation d'un prototype.

Si le *Design Thinking* s'avère une approche créative, sa visée première n'est cependant pas l'analyse du sens, entendons par là qu'elle n'aborde que rarement la difficile question du « pourquoi » contrairement à l'approche P.S.I. qui prend ses racines dans la culture technique.

Précisément, l'approche P.S.I. propose de faire de la question du sens la question première de la démarche d'innovation. En effet, si une innovation n'existe que par sa capacité à créer de la valeur – pour un usager, la société, mais aussi pour l'entreprise ou toute organisation qui la porte –, cette dernière prend son sens par rapport à une société donnée à un moment donné. A titre d'illustration, le développement d'innovations qui répondent aux préceptes du développement durable s'opère dans une société où la question de notre responsabilité vis-à-vis de la planète et des générations futures est prégnante.

Placer le sens au cœur de l'approche P.S.I. permet, non seulement de considérer l'adéquation entre le sens projeté par le concepteur et celui projeté par l'utilisateur, mais surtout de penser le sens de la société que nous fabriquons dans le cadre des grands défis contemporains. Il s'agit ici d'amener le concepteur à conscientiser les besoins et les solutions qu'il projette. Il s'agit pour tout dire de contribuer au développement d'une « philosophie » de l'innovation dont nous faisons l'hypothèse qu'elle est à même de réduire la genèse d'innovations-gadgets.

Le processus de conception comme périmètre de l'approche P.S.I.

Nous avons déjà indiqué en de multiples occasions que l'innovation est un processus complexe qui implique de créer de la valeur et dont la conception est le processus central. C'est par conséquent au niveau du processus de conception que se déploie l'approche P.S.I.

Or, le processus de conception est un processus multi-étapes. Il débute par la définition du besoin, auquel fait suite la génération d'un concept, puis la conception préliminaire qui vise à concrétiser et dimensionner l'objet de la conception. Le processus s'achève avec l'étape de conception détaillée qui génère les instructions pour la fabrication grâce, notamment,

à la réalisation d'un cahier des charges (dit « cahier de spécifications ») qui regroupe l'ensemble des spécifications pour la réalisation : techniques retenues, formes et dimensions des différents composants, etc. (FOREST, 2018). L'approche P.S.I. concerne les étapes en amont du processus de conception : définition du problème, processus d'idéation, confrontation aux usagers etc.

Une forme de pensée : la rationalité créative

L'approche P.S.I. plaide pour le déploiement de la rationalité créative. Cette forme de pensée, qui s'apparente à ce que les Grecs nommaient *métis*, à l'*Ingenium* de Vico (FAUCHEUX et FOREST, 2012) et à la bissociation de Koestler (1964), invite à la traversée des savoirs. Elle implique, pour ce faire, d'être capable d'observer le monde qui nous entoure, de privilégier l'altérité, d'être curieux, autant de qualités qui participent de l'enrichissement de la base de connaissances du concepteur et ouvrent le champ des possibles (FOREST, 2018). En effet, et comme l'ont rappelé Christensen, Dyer et Gregersen (2013), en augmentant notre stock de connaissances, on multiplie le nombre de recombinaisons possibles. Cette traversée des savoirs est de l'ordre de ce que nous avons nommé une « transgression aventureuse » (FOREST, 2018), car elle conduit à se détacher des normes et des paradigmes établis.

Par le biais de rencontres avec autrui, le concepteur pourra être confronté à d'autres visions du monde, d'autres paradigmes – passer d'une conception d'un moyen de transport qui consomme de l'énergie pour avancer à un moyen de transport où les réserves d'énergie augmentent au cours du déplacement –, d'autres cultures qui ne pourront que remettre en cause ses points d'appui intellectuels et stimuler sa créativité. On rejoint par là même les propos de Koestler (1964) qui soulignait que lorsque nous sommes face à un problème auquel nous avons déjà été confrontés, nous le résolvons avec des solutions qui ont déjà fait leurs preuves. Ces solutions deviennent des routines qu'il faut casser pour être créatif : « The act of discovery has a disruptive and a constructive aspect. It must disrupt rigid patterns of mental organization to achieve the new synthesis » (KOESTLER, 1964, p. 104).

Une approche et non une méthode

Nous aurions pu présenter cette approche sous les traits d'une démarche en détaillant les étapes les unes après les autres. Or, nous préférons employer le terme d'approche dans la mesure où les piliers

n'impliquent pas une chronologie fermée, car ils mettent en évidence des types d'activités que l'on peut mobiliser à un moment ou à un autre de l'approche. Par exemple, l'observation peut être une activité utile pour définir un besoin, préalable au concept innovant. Elle peut aussi, un peu plus tard, servir à tester un concept imaginé ou encore plus loin, un prototype. Dans la même veine, l'imaginaire peut être mobilisé pour tenir compte des représentations liées à un objet ou univers dans une phase d'exploration (en amont de la production d'idées). Il peut aussi être précieux lorsqu'on imagine les usagers dudit concept ou lorsqu'on bâtit un discours de présentation de l'innovation. Ainsi, notre démarche implique de mobiliser l'imaginaire et d'éprouver le sens sans pour autant suivre une démarche rigide. Malgré tout, certains enchaînements doivent conserver leur logique : on ne testera le concept qu'après l'avoir imaginé³. En somme, cette approche est à géométrie variable. Une fois ces éléments de cadrage posés, voyons maintenant quels sont les deux piliers qui structurent notre approche et quelles activités s'y rattachent.

IMAGINER

Lorsque l'on convoque la question de l'imaginaire dans sa relation à l'innovation, on songe spontanément à la nécessité d'imaginer des solutions nouvelles et, ce faisant, à l'utilisation de technique de créativité. L'approche P.S.I. propose cependant de discerner les deux supports de l'activité d'imagination que sont le concept et l'usager.

Imaginer un concept

Comment imaginer ce qui n'existe pas. L'approche P.S.I. propose d'avoir recours à l'imaginaire et à l'observation.

Inspirer et questionner le sens avec l'imaginaire

Nombre de chercheurs (GARÇON, 2012 ; LECOURT, 1988 ; SCARDIGLI, 1992) ont démontré combien la technique, l'innovation et l'imaginaire sont liés. Si d'un côté la conception technique puise son inspiration dans un réservoir de références culturelles, de représentations, de récits, de mythes, d'archétypes, d'un autre côté, la technique inspire et fabrique des imaginaires (CHOUTEAU et NGUYEN, 2015). Notre approche mobilise par conséquent l'imaginaire d'abord comme réservoir d'idées et source d'inspiration puis

3. De cette façon, cette approche peut être utilisée pour des formations aux volumes horaires variables : d'une trentaine d'heures à plusieurs centaines d'heures, en fonction du temps disponible et des objectifs recherchés.

comme socle pour comprendre le sens de la technique, voire pour lui en assigner un. La mobilisation de l'imaginaire s'effectue à deux niveaux complémentaires. Le premier niveau ou niveau individuel est une sorte d'introspection individuelle qui invite le concepteur à faire appel à ses souvenirs, ressentis, références en termes de fictions, mythes, mais aussi à ses propres représentations, stéréotypes autour de l'innovation à venir. Par exemple, l'objet « valise » évoque les vacances à la campagne, le sentiment de liberté des premiers déplacements, la notion de voyage en famille ou avec des amis, etc. Mais il évoque aussi la valise diplomatique ou les films d'espionnage. Le terme évasion est revenu à plusieurs reprises puis « évasion fiscale » et « éthique des affaires ». Si d'un premier abord la question de l'éthique des affaires semble éloignée de cette « valise », cela peut tout de même avoir du sens. D'abord, cela permet aux concepteurs de laisser vagabonder leur esprit et de s'ouvrir à une forme de « créativité ». Ensuite, cela montre combien les objets trouvent un ancrage dans notre quotidien et nos préoccupations.

Le second niveau ou niveau collectif consiste à apprécier à partir de médias variés (actualités, sites institutionnels, documentaires, etc.), les tendances, les représentations sociales, les stéréotypes qui peuvent circuler sur l'innovation en question. C'est ici « l'imaginaire de la société » qui est passé au crible⁴. Sur l'objet « valise », des informations concernant la filiation de l'objet apparaissent, mais aussi la façon dont elle peut être représentée au cinéma – celle de Mary Poppins est caractéristique, car elle invite à la magie, au voyage, à la rêverie, etc. – ou dans la littérature, ou ailleurs. Ce travail engage alors à s'interroger sur le rapport à l'objet. Est-il fait de mythes et de symboles : celui de la fascination pour le voyage, de l'exotisme, de la rencontre de l'autre ou au contraire, de l'appréhension du départ ou de l'exil ?

Pour consigner ces éléments, nous nous inspirons de la cartographie des imaginaires développée dans le cadre de la chaire MODIM⁵ (MUSSO, COIFFIER et LUCAS, 2014). Au centre de celle-ci se trouve l'innovation à partir de laquelle rayonnent différentes catégories (représentations, émotions, souvenirs, sensations, etc.).

4. Les concepteurs peuvent par ailleurs éprouver l'éventuel écart entre le sens qu'ils assignent à un objet et ce qu'en « dit » la société ou, au contraire, constater le recoupement.

5. La chaire MODIM a été créée fin 2010 pour une durée de cinq ans. Elle rassemblait l'École Télécom Paris-Tech, l'Université de Rennes 2, Dassault Systèmes, Ubisoft, PSA Peugeot Citroën, Orange ainsi que Bell Labs d'Alcatel-Lucent et la DATAR. Cette chaire s'intéresse particulièrement aux liens entre imaginaire et innovation dans le sens où « les imaginaires informent et forment les objets techniques dans le processus d'innovation » (Musso *et al.*, 2014).

Vient ensuite l'analyse de la cartographie des imaginaires qui permet de comprendre les représentations, de repérer les univers qu'on lui associe (l'enfance, le travail...) ainsi que les besoins ou problèmes qui émergent autour. Cet enchevêtrement d'éléments constitue ainsi un des terreaux d'imaginaires dans lequel l'innovation se développera et lui donnera du sens.

D'une façon plus générale, ce repérage des imaginaires montre combien la technique est de nature culturelle, que l'objet technique ne peut être conçu « hors-sol », et il s'inscrit au contraire dans un entrelacs de significations, de symboles, de perceptions plus ou moins positives. Le travail réalisé permet ainsi de prendre conscience qu'une technologie même la plus performante peut être rejetée si le sens symbolique qu'elle véhicule l'empêche d'être appropriée.

L'observation comme source d'inspiration

Une abondante littérature évoque l'importance de l'observation dans le phénomène innovatif (BROWN, 2008 ; YANNOU et CLUZEL, 2014 ; CHRISTENSEN, DYER et GREGERSEN, 2013), et l'importance de se décentrer pour échapper aux « visions tunnels ». Développer le sens de l'observation vise à découvrir ce que l'œil non préparé ne peut saisir.

Pour ce faire, l'observation invite à emprunter les habits de l'anthropologue et faire preuve d'empathie. Il s'agit de décrire et de comprendre ce que font les individus en accédant de l'intérieur à leur situation particulière, de voir le monde du point de vue de l'acteur ce qui permet d'identifier des situations problématiques.

C'est, par exemple, par l'observation que l'un de nos groupes d'étudiants s'est aperçu que le campus contient dans ses abords, un trottoir qui fait office de piste cyclable alors que sa fonctionnalité historique est la circulation des piétons qui, de fait, marchent sur la piste. De cette ambiguïté naissent de nombreux incidents, constituant des données observables intéressantes en vue d'améliorer l'endroit. L'enjeu est ainsi de comprendre que ce qui tient à un quotidien, à l'anodin, peut donner lieu au point de départ d'une innovation.

Si l'observation est une démarche utile pour identifier des situations problématiques, elle fournit également des informations clés au concepteur pour mieux cerner son concept.

Qu'elle soit incognito ou à découvert, participante ou pas, l'observation s'avère une méthode très utile pour mieux comprendre et évaluer ce que font les usagers avec un objet technique, voire ce qu'ils font tout court.

Précisément, elle permet d'approcher et de comprendre des univers qui nous sont étrangers, de se défaire de nos préjugés, mais aussi d'apprécier la pertinence de son concept au regard des besoins identifiés comme réels.

Pour mener à bien la démarche d'observation, le concepteur fera un recueil de notes, prendra des photos, des vidéos, voire procédera à des enregistrements sonores. Il obtient alors un matériau qu'il consigne dans un compte rendu d'observation à partir duquel pourront être pensées les spécificités temporelles, géographiques, historiques, etc. La démarche d'observation sera cependant d'autant plus riche que l'observateur s'attachera à analyser et à comprendre les pratiques et les comportements des usagers qu'il interrogera, pour le dire autrement, le sens desdits pratiques et comportements observés. Convoquer la question du sens est primordial car, comme nous l'avons indiqué précédemment, on ne crée pas des objets pour des objets, indépendamment de leur contexte d'utilisation, mais on crée des objets permettant de créer des possibilités d'action pour un usager. Soulignons enfin que l'observation permet de s'émanciper de la tendance à l'ethnocentrisme, de se défaire de nos croyances et stéréotypes, et de s'interroger sur la conception du monde dans lequel nous vivons et que nous fabriquons.

Imaginer les usagers

Imaginer un concept ne saurait se faire indépendamment de l'utilisateur, car l'innovation consiste précisément à créer de la valeur pour ce dernier. En faisant de l'usage un « construit social qui met en jeu des phénomènes d'appropriation, d'identité, de lien social et de rapports sociaux » (JOUËT, 2003, p. 59), nous souhaitons amener les personnes utilisant notre approche à dépasser le « simple » rapport à la fonctionnalité pour découvrir ce qui fonde l'usage et en comprendre la complexité.

Les personas, fictifs mais probables

Pour y parvenir, nous employons la méthodologie des personas qui consiste à « appréhender les profils d'utilisateurs qui n'existent pas encore » (BORNET et BRANGIER, 2013, p. 115) et constitue ainsi « une aide à la représentation des connaissances relatives aux utilisateurs futurs. Il évoque ce qui va ou peut se passer pour des utilisateurs et organise aussi les différentes contraintes (matérielles, sociales, techniques, financières, humaines, temporelles...) » (BORNET et BRANGIER, 2013, p. 116).

Il s'agit d'élaborer des catégories d'utilisateurs archétypaux à partir de données réelles ou supposées concernant l'activité professionnelle et/ou familiale de l'usager, son histoire, ses valeurs. Les personas concrétisent

donc ce que les concepteurs imaginent des usages et des usagers de l'innovation. Ils permettent de faire progresser la démarche de conception et forment aussi un support de discussion dans le cas où l'équipe n' imagine pas les mêmes personnes types. L'établissement des personas est aussi utile pour identifier des profils de personnes à rencontrer dans la phase de test. Chaque persona est ainsi défini par un prénom, un âge, une histoire et des caractéristiques (profession, hobbies), de sorte que cela donne du sens à l'utilisation : le sens attribué par l'utilisateur. Cette activité empathique permet donc de sortir du seul rapport de fonctionnalité. Enfin, elle constitue une autre voie vers l'épreuve de l'altérité puisque les concepteurs se mettent à la place d'un usager qui ne leur ressemble pas nécessairement et conçoivent en fonction des besoins imaginés.

Scénarios d'usage

Une autre façon d'imaginer les usagers est d'avoir recours aux scénarios d'usage. Ces derniers permettent de rendre l'usage concret et d'explorer des pistes d'amélioration, notamment à partir des personas qui sont mis en situation. En pensant pas à pas l'utilisation de l'objet/service en vertu des caractéristiques du persona (mode de vie, valeurs, emploi du temps...), les concepteurs prennent la mesure des atouts et des éventuels obstacles à l'usage. En faisant l'effort de se mettre en situation, même de façon virtuelle, ils confrontent les usages imaginés dans l'absolu aux usages en situation.

La confrontation des scénarios d'usage (selon les personas) est une activité donnant accès au sens de l'objet. Même si cela reste dans la sphère de l'imaginaire, c'est un premier pas important qui nécessite de se mettre à la place d'une personne et de comprendre que les objets techniques doivent être avant tout conçus pour les humains, qu'ils répondent aux besoins, environnement dans lesquels ces personas vivent, mais aussi au type de société que l'on souhaite construire.

Les scénarios d'usage sont évolutifs. Ils peuvent gagner en précision à l'aide de données collectées (économiques, sur les modes de vie...). Ils peuvent être présentés de multiples façons : traditionnellement, ils sont sous la forme d'une petite fiche descriptive, mais on peut imaginer qu'ils soient joués sous forme de saynètes ou racontés de façon plus littéraire. La forme narrative est ici privilégiée pour expliciter les étapes de l'utilisation en contexte. Elle facilite la compréhension par l'enchaînement des actions et l'identification aux personnages.

Si le scénario d'usage est de nature narrative, une autre forme de récit peut être mobilisée pour concrétiser ce que l'on imagine des usages, mais à une échelle plus large, via le récit prospectif. La démarche du récit prospectif est intéressante, car elle part d'un futur possible où l'innovation est déployée dans la société. Elle permet d'envisager les conséquences dudit déploiement tant sur l'utilisateur, que sur les concepteurs, voire sur la société en général. Il permet de placer l'innovation dans un contexte global et d'en déterminer le sens social, politique, économique, et éthique (JULIEN, LAMONDE et LATOUCHE, 1975).

TESTER

Le deuxième pilier constitutif de l'approche P.S.I. est celui qui consiste à tester le concept innovant sur le « terrain ».

Tester le concept imaginé

Cette étape complémentaire de la précédente vise à confronter le concept imaginé via les personas, les scénarios d'usage, les enjeux socio-techniques et les représentations au terrain. Cela permet de nuancer la « croyance de l'inéluctable diffusion de l'objet technique dans la société » (NOVA, 2011, p. 19) et de montrer en quoi l'innovation est un processus complexe qui articule la technique, le social, le politique et l'économique. Pour ce faire, nous employons ici l'observation sur le terrain – dont on voit qu'elle sert autant à inspirer et à définir le besoin qu'à tester le concept –, l'entretien semi-directif et l'élaboration d'une maquette.

La démarche d'observation pour tester le concept

L'observation est mobilisée pour tester le concept imaginé en situation dans le prolongement de l'utilisation des personas et des scénarios. La fonction d'observation est ici plus en aval et vise à une forme de confrontation avec le réel. Elle permet d'évaluer si l'objet s'inscrit bien dans les pratiques et les comportements des usagers. En observant par exemple plusieurs personnes en fauteuil, un groupe d'étudiants a non seulement été impressionné par la dextérité des usagers – ce qui balaye un certain nombre de stéréotypes sur le handicap –, mais aussi par la neutralité des dispositifs. Ils pensaient en effet observer une personnalisation des fauteuils, voire un souci esthétique, ce qui n'a pas du tout été le cas et les a en fin de compte engagés à ne pas suivre la piste d'un fauteuil personnalisable.

Le compte rendu d'observation est ici encore un outil utile qui permet au concepteur d'affiner la définition de l'objet imaginé.

Les entretiens : retour sur le concept

Les entretiens semi-directifs constituent un outil propice pour capter les représentations que les usagers se font de l'idée innovante et les confronter entre elles, mais aussi aux leurs. Ils permettent le recueil approfondi des avis, opinions, et projections des usagers pressentis ainsi que les thématiques à aborder avec eux⁶.

À cette fin, les trois thèmes suivants doivent être abordés :

- L'insertion de l'innovation dans le quotidien permet de confronter des pratiques imaginées à celles préexistantes dans le domaine (le sport, le travail, les loisirs...).

- La présentation concrète de l'objet, le plus souvent un schéma, accompagné d'une description des fonctions et du fonctionnement, permet une analyse pragmatique et concrète.

- Viennent ensuite les questions relatives à l'appropriation par l'utilisateur. Il s'agit ici d'évaluer les éventuelles difficultés de maniement, de compréhension du fonctionnement, mais aussi les possibilités de détournement et de braconnage (DE CERTEAU, 1990) par les usagers. Ces questionnements sont fondamentaux pour prendre conscience de l'éventuel décalage qui existe entre les envies et les habitudes des concepteurs et celles des utilisateurs. C'est aussi le moment de découvrir que l'utilisateur est parfois créatif et à même de proposer des usages et des contextes d'usage auxquels ils n'avaient pas pensé.

Des retranscriptions précises des entretiens réalisés permettent de capter le maximum d'informations pour effectuer un retour sur l'objet au regard des opinions et des avis recueillis. L'approche P.S.I. mobilisée dans le cadre de la formation de nos élèves ingénieurs a permis à un groupe d'entre eux de repenser la définition des « usagers ». En effet, un collier destiné *a fortiori* à suivre les moutons dans les alpages a finalement été repensé pour les vaches, les bergers indiquant à l'équipe que le collier ne pouvait équiper un mouton dont le prix n'a rien à voir avec celui d'une vache.

6. Les thématiques présentées ici sont influencées par la méthode CAUTIC, mais aussi par des grilles d'analyse de discours produites par des sociologues comme Scardigli.

Éprouver la vision du monde à partir des entretiens

Les entretiens rendent la formulation possible par l'utilisateur de projections positives ou négatives et permettent de capter les promesses ou les besoins auxquels l'innovation répond (gain de temps et/ou d'énergie, confort, amélioration de la qualité, sentiment de liberté, respect des valeurs importantes aux yeux de l'utilisateur...) ou au contraire, ils dénoncent ce qui constitue un frein à l'usage (danger, sentiment de dépendance, coût).

L'exploitation des entretiens permet ici de tester le sens que l'utilisateur potentiel assigne à la future innovation. Pour cela, nous reprenons une grille de lecture qui distingue trois grands enjeux sociotechniques (BONNEUIL et JOLY, 2013) permettant de comprendre le sens de la technique. Le premier relève des enjeux de pouvoir. En quoi cette innovation permet-elle de voir que se jouent des relations de pouvoir au travers de l'usage de cette innovation ? Cela renforce-t-il les relations hiérarchiques ? Les renversent-elles ? Cela permet-il d'accorder plus de pouvoir à des acteurs qui n'en avaient pas ? Le second est celui de l'identité et de l'appartenance. En quoi les personnes interviewées ont la possibilité de développer, de confirmer leur appartenance à une communauté, à personnaliser, à rendre une activité conviviale... Ici, la question du lien social est primordiale. Enfin, le troisième enjeu est celui des conceptions du monde. Les usagers pressentis associent-ils l'innovation à un monde par exemple plus juste ? En quoi l'innovation contribue-t-elle – ou non – au progrès ? Et que signifie alors le progrès pour l'utilisateur ? Partagent-ils la même vision ?

Tester le positionnement du concept dans l'environnement économique et concurrentiel

Si créer de la valeur pour l'utilisateur est une condition nécessaire de l'innovation, elle est cependant non suffisante. Encore faut-il comprendre que l'innovation se développe dans des environnements économiques et institutionnels qui peuvent agir comme autant de freins à sa diffusion. L'approche P.S.I. propose par conséquent de considérer le sens de l'objet imaginé dans lesdits environnements.

Tester la proposition de valeur

Pour Porter (1979), la stratégie d'entreprise consiste à obtenir un avantage concurrentiel vis-à-vis de la concurrence. Il identifie trois options stratégiques : la domination par les coûts, la concentration et la différenciation. C'est précisément cette dernière qui est au cœur de la stratégie « Océan bleu » de Kim et Mauborgne (2010) largement popularisée ces

dernières années. Cette dernière met l'entreprise au défi de trouver de nouveaux espaces stratégiques vierges afin de sortir de l'océan rouge de la concurrence ce qui, par définition, rend la concurrence nulle. Au lieu de se partager la demande existante et de prendre exemple sur les concurrents, la stratégie « Océan bleu » pousse à élargir la demande et à se détacher des concurrents. Michelin est ainsi passé de vendeur de pneus à vendeur de kilomètres.

L'élaboration d'une proposition de valeur de rupture passe par la réalisation du canevas stratégique qui permet de mettre en perspective les critères qui ont de la valeur pour le client et la performance de la concurrence pour chacun des critères identifiés, mais elle laisse dans l'ombre la question du sens de l'innovation. L'approche P.S.I. propose de réintégrer cette dernière dans le canevas stratégique, car lesdits critères ne sont en réalité que la face visible d'un nouveau sens qui est précisément à l'origine de la rupture. C'est par exemple la démocratisation de l'automobile pour Ford, le collectif de la Wii chez Nintendo.

Analyse des parties prenantes

Si penser le sens de l'innovation pour l'utilisateur et la société est primordial, il faut aussi considérer le sens du concept imaginé pour les parties prenantes (salariés, clients, fournisseurs, actionnaires, syndicats, société civile, collectivités locales, etc.), ces dernières pouvant être affectées positivement ou négativement par une innovation.

L'analyse des parties prenantes vise à les identifier en vue d'apprécier leurs points de vue, ainsi que les intérêts et les impacts potentiels de l'innovation. Par exemple, penser l'impact du développement d'un véhicule sans conducteur pour les entreprises de formation à la conduite (auto-écoles) ou soulever la question de la responsabilité en cas d'accident. Il faut alors estimer l'influence desdites parties prenantes sur l'avenir du projet.

Si l'analyse des parties prenantes est essentiellement présentée comme un outil permettant de définir une stratégie – par exemple associer les acteurs ayant une forte influence et un rôle important tout au long du projet afin de s'assurer de leur soutien –, elle s'avère également un outil utile pour élargir la question du sens du concept imaginé à un ensemble d'acteurs plus larges, mais dont on sait l'importance de leur rôle pour permettre à l'innovation d'advenir⁷.

7. Soulignons que l'analyse des parties prenantes permet de prendre conscience de l'épaisseur culturelle des artefacts qui nous entourent. La technique étant un processus éminemment humain, rejeter en bloc la technique est révélateur d'un manque de culture technique.

CONCLUSION

L'approche P.S.I. fait de la question du sens de la technique son principe directeur. Notre approche mobilise des outils classiques d'enquête de terrain éprouvés par les sciences sociales comme l'entretien ou l'observation. Elle emprunte également à la stratégie d'entreprise des méthodes en leur offrant de nouvelles perspectives (ajoutant de nouvelles fonctionnalités). Si P.S.I. s'apparente à la méthode du *Design Thinking*, elle s'en distingue, car elle se présente comme une approche « philosophique » de l'innovation. Comme nous l'avons à plusieurs reprises spécifié, notre volonté est de faire comprendre qu'innover pour innover est peu souhaitable pour nos sociétés. Mais qu'au contraire, l'urgence dans laquelle nous sommes aujourd'hui, nous impose de le faire en conscience en donnant du sens à nos actions et aux artefacts produits.

L'approche P.S.I. se détache aussi de celle qui étudie le champ des liens STS. Si en effet notre approche se retrouve dans cette vision qui consiste entre autres à penser la co-construction des techniques tant par la société dite civile que par les experts scientifiques et techniques, et par là même à évacuer les déterminismes techniques et sociaux (BONNEUIL et JOLY, 2013, p. 18), elle s'en distingue, car à cette visée réflexive, elle associe une activité de conception. En cela, elle place la réflexion sur la technique bien en amont de sa fabrication et tout au long du processus d'innovation.

Si, à notre niveau, nous œuvrons principalement pour contribuer au développement d'une telle approche dans les écoles d'ingénieurs – afin de lutter contre l'idée d'un déterminisme technique et de sortir de positions technophiles ou technophobes, extrêmes et stériles –, son déploiement ne devrait-il pas également être un point de passage obligé dans toutes les entreprises qui font de la RSE (Responsabilité Sociale de l'Entreprise) leur étendard ? De même, pouvons-nous faire l'économie d'une telle approche pour faire face aux grands enjeux contemporains ?

Références

- BONNEUIL, C. et JOLY, P.-B. (2013). *Sciences, techniques et sociétés*. Paris : La Découverte.
- BORNET, C. et BRANGIER, E. (2013). *La méthode des personas : principes, intérêts et limites*. *Bulletin de psychologie*, 524, 115-134.
- BROWN, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review*, 86(6), 84-95.
- CERTEAU DE, M. (1990). *L'invention du quotidien* (t. 1, Arts de faire). Paris : Gallimard.
- CHOUTEAU, M. et NGUYEN, C. (2015, novembre). *L'imaginaire dans la formation au métier d'ingénieur. Quelques exemples d'enseignements à l'INSA de Lyon*, communication présentée au colloque Création créativité et innovation dans la formation et l'activité d'ingénieur, Paris, France.
- CHOUTEAU, M., FOREST, J. et NGUYEN, C. (2017). Quand la culture d'innovation fait écran à la culture technique. *Technologie et innovation*, 17(4). Repéré à <https://www.openscience.fr/Quand-la-culture-d-innovation-fait-ecran-a-la-culture-technique>.
- CHOUTEAU, M., FOREST, J. et NGUYEN, C. (2020). *Quelles innovations pour quelles sociétés*. London : Wiley-Iste.
- CHRISTENSEN, C., DYER, J. et GREGENSEN, H. (2013). *Le gène de l'innovateur : Cinq compétences qui font la différence*. Montreuil-sous-Bois : Pearson.
- FAUCHEUX, M. et FOREST, J. (2012). *New Elements of Technology*. Belfort-Montbéliard : UTBM.
- FOREST, J. (2018) *Rationalité créative et innovation*. Paris : ISTE Editions.
- GARÇON, A.-F. (2012). *L'imaginaire et la pensée technique. Une approche historique, XVI^e-XX^e siècle*. Paris : Garnier.
- HUYGUE, P. D. (2013). *Cycle de conférences sur l'Innovation de l'ENSCI*. Repéré à <http://www.ensci.com/actualites/une-actualite/news/detail/News/18248/>.
- JAURÉGUIBERRY, F. et PROULX, S. (2011). *Usages et enjeux des technologies de la communication*. Toulouse : Éres.
- JULIEN, P. A., LAMONDE, P. et LATOUCHE, D. (1975). La méthode des scénarios en prospective. *L'Actualité économique*, 51(2), 253-281.
- JOUËT, J. (2003). Technologies et genre. Des relations en construction. *Réseaux*, 120, 53-86.
- KIM, C. et MAUBORGNE, R. (2010). *Stratégie océan bleu : Comment créer de nouveaux espaces stratégiques*. London : Pearson Education.
- KOESTLER, A. (1964). *The Act of Creation*. London : Arkana.
- LECOURT, D. (1996). *Prométhée, Faust, Frankenstein. Fondements imaginaires de l'éthique*. Paris : Biblio Essai Gallimard.
- MUSO, P., COIFFIER, S. et LUCAS, J. F. (2014). *Innover avec et par les imaginaires*. Paris : Manucius.
- MUSO, P., PONTIOL, F. et SEULLIET, E. (2005). *Fabriquer le futur. L'imaginaire au service de l'innovation*. Paris : Village mondial.
- NOVA, N. (2011). *Les flops technologiques. Comprendre les échecs pour innover*. Limoges : Fyp.
- PERRIAULT, J. (2008). *La logique de l'usage. Essai sur les machines à communiquer*. Paris : L'Harmattan.
- PORTER, M. E. (1979). How Competitive Forces Shape Strategy. *Harvard Business Review*, 57(2), 137-145.
- SCARDIGLI, V. (1992). *Le sens de la technique*. Paris : PUF.
- YANNOU, B. et CLUZEL, F. (2014). Observer et représenter des usages. *Techniques de l'ingénieur*, fiche 1448.

Chapitre 4

Éric Tortochot, Christophe
Moineau et Sophie Farsy

L'énonciation et le dialogue : processus
d'apprentissage et compétence
professionnelle de conception

L'énonciation et le dialogue : processus d'apprentissage et compétence professionnelle de conception

Éric Tortochot, Christophe Moineau et Sophie Farsy

L'ACTIVITÉ DE CONCEPTION S'ÉNONCE ET SE PARTAGE

Pourquoi s'intéresser à ce qui est « dit », « écrit », « représenté » dans le processus d'enseignement-apprentissage du design sinon parce que ces activités sont inhérentes à ce qu'apprennent les étudiants en design. Ils ont des représentations du métier de conception qu'ils énoncent dans des dialogues directs ou à distance, avec les autres ou avec la situation (DONG, 2007). Ils développent des compétences qui évoluent avec l'activité de conception menée selon un guidage initié par la prescription des enseignants, un élément de la situation avec lequel il faut dialoguer (LEBAHAR, 2008).

Afin d'observer, d'analyser et de caractériser les typologies d'énonciations et leurs liens avec l'activité de conception et son apprentissage, ce chapitre s'appuie sur les travaux menés par les auteurs sur des situations d'enseignement-apprentissage du design : un Baccalauréat français de design préparant à une poursuite d'études dans les champs des métiers de la création ; un Brevet de technicien supérieur design de produits ; une Licence d'arts appliqués ; deux formations au grade de Master 2 au Royaume-Uni (R.U.) et en France. Les observations s'appuient sur des entretiens et sur des représentations élaborées par les étudiants afin de concevoir et de communiquer leurs modèles d'artefact. L'hypothèse est que l'analyse comparée de ces énoncés permet de mieux caractériser la compétence de conception à enseigner.

Après une première partie consacrée aux interactions dialogiques dans les apprentissages de la conception et aux processus d'énonciation dans l'activité de conception, quelques résultats illustrent la méthodologie employée et montrent une diversité de situations et d'interactions énonciatives étayées par des discours. Enfin, une discussion envisage une didactique du design fondée sur des compétences énonciatives, une forme d'activité rhétorique du design.

CADRE THÉORIQUE : L'ÉTUDIANT APPREND À CONCEVOIR PAR SA PRATIQUE ET PAR CE QU'IL EN DIT AUX AUTRES ET À LUI-MÊME

La situation d'apprentissage de conception : les interactions dialogiques et adressées du sujet concepteur apprenti

L'activité de conception professionnelle est une situation dans laquelle plusieurs sujets collaborent afin de représenter et de communiquer des modèles d'artefact ne résultant pas de modèles existants (LEBAHAR, 2007). L'activité de design est créative, par essence dialogique, faite de verbalisations (BONNARDEL, 2009) et de reformulations incessantes d'idées, un « *backtalk* » continu (SCHÖN, 2015) partagé avec les autres et avec soi-même. Les formulations oubliées, effacées, ne le sont jamais tout à fait (GREGORI et FIXMER, 2013).

Ce qui est en jeu à travers l'activité de conception enseignée, c'est une didactique professionnelle de la conception. Plus qu'une didactique qui recouvre seulement les phénomènes d'enseignement, les conditions de transmission et de l'acquisition de connaissances par un apprenant, la didactique professionnelle permet de caractériser les compétences de conception et les situations propices à leur développement ainsi que les types de savoirs et concepts, de savoirs dans l'action et de concepts-en-acte transmis (PASTRÉ, MAYEN et VERGNAUD, 2006).

Dans la situation d'enseignement-apprentissage de l'activité de conception, les enseignants prescrivent des tâches, accompagnent les apprenants qui, en retour, énoncent l'activité menée pendant la tâche, commentent les représentations réalisées, les artefacts conçus. Tous les acteurs produisent du discours, des dialogues, des monologues afin de participer au projet conduit par le sujet concepteur. Ainsi, la situation peut être abordée comme « la réalisation effective, dans la vie concrète, de telle ou telle formation, de telle ou telle variété du rapport de communication sociale » (VOLOCHINOV, 1981, p. 289).

La situation ne crée pas l'opportunité de l'échange. C'est la communication qui fait la situation comme un ensemble de circonstances « où l'acte de parole a lieu » (PRIETO, 1975) : l'émetteur délivre un signal qui permet au récepteur de réduire l'incertitude du message. La situation est l'occasion de mettre en commun ce qui conduit à un partage des tâches par la réduction des risques d'incompréhension. Pour Prieto, le système d'intercompréhension est un système de classement établi par l'émetteur pour déterminer ce qu'il veut dire : il doit coïncider avec le système d'intercompréhension du récepteur sur lequel est fondé l'acte sémique, sinon il y a incertitude.

La parole permet les interactions dans la situation de conception par le report dans le temps des actions sur le milieu, par leur médiatisation. Selon Todorov (1981), le dialogisme est une dimension intertextuelle, parce que tout texte entre en dialogue avec les précédents comme avec les suivants, mais aussi parce que tout discours est concerné. Ainsi, chaque sujet doit se positionner par rapport aux discours. Il doit composer des discours de la mémoire collective qui dialoguent entre eux, ce que certains auteurs nomment « activité rhétorique du design » (NEWCOMB, 2013).

L'énonciation comme compétence dans l'activité de conception en situation d'apprentissage : écrire et dire pour interagir

Dans les dialogues entre enseignants et étudiants en design, la mémoire collective en jeu est celle de la situation didactique partagée (BROUSSEAU, 2008). Il y a une forme de « référentiel opératif commun » (LEBAHAR, 2007) spécifique à chaque situation didactique où des systèmes d'intercompréhension ont été constitués par les protagonistes. Les étudiants peuvent avoir une conduite stratégique (LEBAHAR, 2008) pour répondre à la prescription des enseignants. Ils s'adaptent à la situation conflictuelle parce qu'il y est question de créativité et que les questions inhérentes à l'enseignement-apprentissage font problème, comme la divergence entre les intérêts des professeurs et les attitudes des étudiants, l'évaluation ou encore la séparation entre l'idée de former à la créativité et le processus d'apprentissage lui-même (BONNARDEL et DIDIER, 2016).

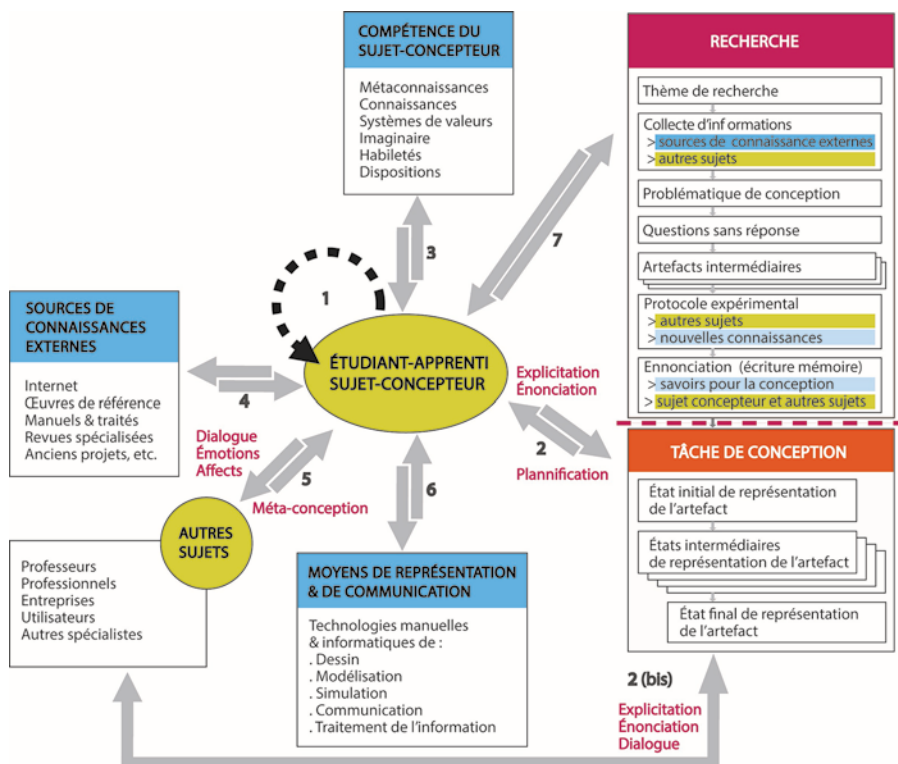


Figure 1. Les interactions dans l'activité d'apprentissage de la conception, d'après Moineau (2016), Tortochot (2012) et Lebahar (2007).

L'assimilation subjective que les étudiants font des contraintes est aussi opérative (LEBAHAR, 2007) : ils organisent leur travail en tâches de conception qui leur sont propres (figure 1) et qui conduisent de l'état initial à l'état final désiré de l'artefact (2), en passant par une série d'états intermédiaires sur lesquels ils dialoguent avec l'enseignant (5 et 2bis) ou avec d'autres personnes (TORTOCHOT, 2012, 2013) ou avec eux-mêmes (1) soit le « dédoublement cognitif » selon Lebahar (2007). Ils modélisent l'artefact à l'aide d'outils (6), d'images opératives (OCHANINE, 2016), pour lesquels ils ont des dispositions (3), ou *a contrario*, dont il leur faut apprendre le maniement (FARSY, ELMS PASTEL et TORTOCHOT, 2017).

L'étudiant manipule des idées, des connaissances (4), des conceptions qu'il possède déjà (LEBAHAR, 2007). Il construit ses connaissances (7) en « organisant son monde en même temps qu'il s'organise lui-même par les processus d'adaptation, d'assimilation et d'accommodation » (JONNAERT

et VANDER BORGH, 1999, p. 29). Sa compétence est ainsi renforcée par des métaconnaissances, une meilleure adaptation aux situations et une meilleure planification des tâches de conception.

ENSEIGNEMENT-APPRENTISSAGE DU DESIGN ET ÉNONCIATIONS : CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Pour comprendre l'activité de création-conception d'élèves ou d'étudiants en design, il faut regarder ce qu'ils font, écouter ce qu'ils disent sur ce qu'ils produisent pour tenter d'en extraire les points saillants – ce qui suppose aussi de demander aux enseignants de préciser quelles tâches ils ont prescrites dans un curriculum analysé dont il n'est pas question dans ce chapitre.

Les méthodes d'analyse de contenu (BRASSAC, 2004) proviennent de modèles sémantiques fournis par la linguistique (BENVENISTE, 1970) et la philosophie du langage (GRICE, 1975). Les « effets possibles » et les « possibles interprétatifs » des discours tenus par les sujets sont mis en évidence par le « lieu de production » et le « lieu de réception » du discours. L'analyse revient à révéler le lieu du « produit fini », celui qui « correspond à la manifestation de l'acte de communication [...] comme lieu de dépôt d'un sens coconstruit par les deux instances de production et de réception » (CHARAUDEAU, 2004, p. 172). Benveniste (1970, p. 16) caractérise l'énonciation comme « l'accentuation de la relation discursive au partenaire », que celui-ci soit réel ou imaginé, individuel ou collectif.

En ce sens, les planches, les carnets de projet, qui ont été analysés et les entretiens semi-directifs de type « entretiens d'explicitation » (VERMERSCH, MARTINEZ, MARTY, MAUREL et FAINGOLD, 2003) s'appuyant sur ces différents supports observables (textes explicatifs, annotations, etc.), appartiennent à ces catégories. Quand cela a été possible, les références que donnent les élèves ou les étudiants à ces moments d'énonciation pendant l'activité, lors des échanges avec les enseignants ou lors d'autres sujets, comme lors de présentations ou de soutenances, ont été extraites des entretiens.

Cas 1. Un enseignant en cours de projets : dialoguer avec les étudiants

Un enseignant (FB) d'une école de design française a été interrogé sur ses dialogues avec les étudiants.

Ce que FB dit de ses dialogues (tableau 1)

Contexte énonciatif des éléments de réponse	Phrases élémentaires extraites	Propositions retenues sur les dialogues avec les étudiants
« J'aimerais mettre en place une <i>relation d'abord de confiance</i> , une <i>relation individuelle</i> . C'est-à-dire qu'il n'y a pas de ... [...] mais il n'y a pas de question de méthode. C'est-à-dire qu'il y a deux choses. C'est-à-dire qu'on <i>parle</i> de, un : du constat, en tout cas de la lisibilité que chacun a de ce qui l'entoure. Et, après, il y aura une deuxième chose. C'est l'idée que, puisqu'on a une place et qu'on regarde, il y a l'autre et les autres. Et le design, par essence même, à mon sens, est une activité qui s'adresse aux autres. Donc, ça sera cet aller et retour entre comment je perçois l'extérieur et, après, quelle est la place de l'autre et qu'est-ce qu'il peut attendre et de quoi aurait-il besoin. » « [...] C'est-à-dire, à savoir, je suis responsable de la façon dont j'organise le travail, des outils que je mets en œuvre et de l'exigence que j'ai par rapport à cette mise en œuvre. Et, donc, je me constitue et je m'organise pour être, pour avancer le projet de manière à en être responsable, oui, et que je puisse totalement revendiquer. » « C'est-à-dire que c'est plus que de la communication. C'est-à-dire que, moi, ce qui m'importe le plus dans le projet, c'est que chacun à chacune des étapes du projet, chaque choix opéré, soit un choix qui soit le choix le plus juste, par rapport à leur travail et à leur analyse. C'est-à-dire que je pense qu'un travail ne peut être légitime si des décisions ont été prises de manière arbitraire. Pourquoi j'ai choisi de faire ça. Pourquoi j'ai choisi une couleur. Pourquoi j'ai choisi telle chose. Pourquoi. [...] »	1a. J'aimerais mettre en place une relation d'abord de confiance, une relation individuelle. C'est-à-dire qu'il n'y a pas de ... [...] mais il n'y a pas de question de méthode.	1a.1. J'aimerais mettre en place une relation de confiance . 1a.2. J'aimerais mettre en place une relation individuelle . 1a.3. Il n'y a pas de question de méthode .
	1b. C'est-à-dire qu'on <i>parle</i> de, un : du constat, en tout cas de la lisibilité que chacun a de ce qui l'entoure.	1b.4. C'est-à-dire qu'on <i>parle</i> . 1b.5. On <i>parle</i> de. 1b.6. Un : du constat. 1b.7. Un : de la lisibilité. 1b.8. La lisibilité que chacun a. 1b.9. On <i>parle</i> de, un, du constat que chacun a de ce qui l'entoure. 1b.10. On <i>parle</i> de, un, de la lisibilité que chacun a de ce qui l'entoure.
	1c. C'est l'idée que, puisqu'on a une place et qu'on regarde, il y a l'autre et les autres.	1c.11. C'est l'idée. 1c.12. On a une place et on regarde. 1c.13. Puisqu'on a une place. 1c.14. Puisqu'on regarde. 1c.15. Il y a l'autre. 1c.16. Il y a les autres.
	1d. Et le design, par essence même, à mon sens, est une activité qui s'adresse aux autres.	1d.17. Le design, par essence. 1d.18. Le design, par essence même. 1d.19. À mon sens. 1d.20. Le design est une activité. 1d.21. Le design s'adresse aux autres. 1d.22. Par essence, le design est une activité qui s'adresse aux autres.
	1e. Donc, ça sera cet aller et retour entre comment je perçois l'extérieur et, après, quelle est la place de l'autre et qu'est-ce qu'il peut attendre et de quoi aurait-il besoin.	1e.23. Un aller et retour. 1e.24. Un aller et retour entre. 1e.25. Et comment je perçois l'extérieur. 1e.26. Et quelle est la place de l'autre. 1e.27. Et qu'est-ce que l'autre peut attendre 1e.28. Et de quoi aurait-il besoin.
	1f. Je me constitue et je m'organise pour être, pour avancer le projet de manière à en être responsable, oui, et que je puisse totalement revendiquer.	1f.29. JE ME (l'étudiant se) constitue . 1f.30. JE ME (l'étudiant se) organise pour être . 1f.31. JE ME (l'étudiant se) organise pour avancer le projet . 1f.32. JE SUIS (l'étudiant est) responsable de son projet . 1f.33. JE PEUX (l'étudiant peut) revendiquer totalement son projet .
	1g. C'est-à-dire que c'est plus que de la communication.	1g.34. [Parler du projet], c'est plus que de le communiquer.
	1h. Chacun à chacune des étapes du projet, chaque choix opéré, soit un choix qui soit le choix le plus juste, par rapport à leur travail et à leur analyse.	1h.35. Chacun, chacune, chaque. 1h.36. Chaque étape du projet. 1h.37. Chacune des étapes du projet, chaque choix opéré, par rapport à leur travail et à leur analyse. 1h.38. Chaque choix opéré soit un choix juste. 1h.39. Chaque choix soit le plus juste.
	1i. C'est-à-dire que je pense qu'un travail ne peut être légitime si des décisions ont été prises de manière arbitraire.	1i.40. Je pense. 1i.41. Je pense qu'un travail ne peut être légitime. 1i.42. Des décisions ne peuvent pas être prises de manière arbitraire.
	1j. Pourquoi j'ai choisi de faire ça. Pourquoi j'ai choisi une couleur. Pourquoi j'ai choisi telle chose. Pourquoi.	1j.43. Pourquoi (4 fois). 1j.44. Pourquoi j'ai (l'étudiant a) choisi. 1j.45. J'ai (l'étudiant a) choisi de faire ça. 1j.46. J'ai (l'étudiant a) choisi une couleur. 1j.47. J'ai (l'étudiant a) choisi telle chose.

Tableau 1. Le discours de FB sur les dialogues avec les étudiants en situation.

FB définit précisément le design comme « une activité qui, par essence, s'adresse aux autres » (1d.17-1d.22). Cet « aller et retour » (1e.23) est situé : « On a une place et on regarde » (1c.11-1c.16). On regarde l'extérieur (1e.25). On parle de ce qui entoure (1b.9-1b.10). On situe la « place de l'autre » (1e.26). On scrute ses besoins (1e.26-1e.28). FB assigne un rôle aux étudiants avec lesquels il aimerait avoir une relation individuelle de confiance (1a.1-1a.3). Il parle à leur place, s'identifie à eux, pense pour eux (1f29-1f33 et 1j.43-1j47).

Selon FB, l'étudiant ne communique pas seulement son projet (2g.34), il l'investit, le constitue, l'organise, le revendique afin de le faire avancer (2f29-2f33). La planification des tâches devient un moyen de montrer les choix opérés (2h.37-2h.39) et de dialoguer à distance en justifiant (2j.43-2j.44).

Cas 2 et 3. Des étudiants en cours de projets : rendre compte de son activité de conception

Deux étudiantes ont été interrogées sur le rôle joué par les échanges avec les enseignants dans le processus d'apprentissage de l'activité de conception. MEB est étudiante d'origine canadienne francophone dans une université (R.U.). MJ est une étudiante de FB.

MEB, « débalancée » par une intervention imprévue (tableau 2)

MEB : phrases élémentaires extraites	Propositions retenues pour le dialogue avec les enseignants
2a. La semaine dernière on avait un nouveau tuteur, Nicolas, qui était présent aujourd'hui.	2a.1. On avait un nouveau tuteur . 2a.2. Nicolas est le nouveau tuteur. 2a.3. Nicolas était présent aujourd'hui .
2b. Discuter avec lui – on a discuté pendant une heure de temps –, déjà, c'était beaucoup, parce que, normalement, on était habitué aux rencontres, tout le monde est ensemble, on est en groupe et on discute.	2b.4. Discuter avec lui , c'était beaucoup . 2b.5. Discuter une heure de temps . 2b.6. Normalement, on est habitué aux rencontres . 2b.7. Normalement, on est ensemble . 2b.8. Normalement, on est en groupe . 2b.9. Normalement, on discute .
2c. Mais vu qu'il venait de l'extérieur, ça a apporté un point de vue différent, ou des suggestions différentes, comme une vue plus contemporaine, l'aspect...	2c.10. Il venait de l'extérieur . 2c.11. Ça a apporté un point de vue différent . 2c.12. Ça a apporté des suggestions différentes . 2c.13. Ça a apporté une vue plus contemporaine .
2d. Et, ça, moi, ça m'a bloquée, parce que c'était pas quelque chose que j'avais pensé au départ. Et dans le processus, cette personne-là, est arrivée aux trois quarts du projet, donc, ça m'a, je dirais, "débalancée" [déséquilibrée, Canada] pendant la dernière semaine qu'on a eue.	2d.14. Moi, ça m'a bloquée . 2d.15. C'était pas quelque chose que j'avais pensé au départ . 2d.16. Cette personne est arrivée . 2d.17. Cette personne est arrivée dans le processus . 2d.18. Cette personne est arrivée aux trois quarts du projet . 2d.19. Ça m'a débalancée . 2d.20. Ça m'a débalancée pendant la dernière semaine qu'on a eue.
2e. Il m'a amenée à me poser d'autres questions, il m'a amenée à penser plus loin, à voir d'une autre façon. Ouais, et des choses qu'on n'avait pas abordées avant avec SB, aussi.	2e.21. Il m'a amenée à me poser d'autres questions . 2e.22. Il m'a amenée à penser plus loin . 2e.23. Il m'a amenée à voir d'une autre façon . 2e.24. Des choses qu'on n'avait pas abordées avec SB.
2f. Donc, il y a des commentaires comme penser une façon contemporaine de la musique de Debussy.	2f.25. Il y a des commentaires . 2f.26. Il y a des commentaires comme penser une façon contemporaine de Debussy.
2g. Ça, moi, (elle siffle) ça m'a bloquée, parce qu'après, moi, je me suis dit : "ah, j'pourrais donner une version contemporaine aussi des peintures et puis..." C'est sûr que tu peux tout faire contemporain.	2g.27. Moi, ça m'a bloquée . 2g.28. Après, je me suis dit . 2g.28. Après, je me suis dit que je pouvais donner une version contemporaine des peintures . 2g.29. Tu peux tout faire contemporain .

Tableau 2. Présentation d'analyse d'entretiens avec MEB.

L'activité de MEB est « bloquée » par l'intervention d'un « nouveau tuteur » (2d.14 et 2g.27). Bousculée dans ses routines, elle regrette et exprime avec clarté ce changement (2d.15). MEB trouve l'intervention intrusive : elle ne comprend pas (2b.6-2b.9). Elle est « débalancée », déséquilibrée (2d.19-2d.20). Pourtant, elle en mesure les effets bénéfiques : le « regard contemporain », une autre façon de penser (2c.11-2c.13), plus loin (2e.21-2e.24). De plus, elle ironise sur le point de vue de l'intervenant au sujet de la contemporanéité (2g.29).

MEB compte sur son professeur habituel (SB) pour cadrer son travail. Elle est perturbée par une intervention tardive qui pourrait modifier son point de vue sur le projet. Finalement, elle poursuit les tâches jusqu'au bout sans rien changer.

MJ lutte contre ses enseignants et le regrette (tableau 3)

MJ : phrases élémentaires extraites	Propositions retenues pour le dialogue avec les enseignants
3a. « Parce que je voyais trois profs en même temps. Ils m'ont dit : "stop, quoi, ça t'embrouille trop la tête ; ne vois plus de profs pendant au moins deux semaines". Donc, là, ça va faire une semaine et demi que je ne les ai pas vus. Je continue mon petit bonhomme de chemin, à faire mes trucs. »	3a.1. Je voyais trop de profs en même temps. 3a.2. Ils m'ont dit stop. 3a.3. Ils m'ont dit : « ça t'embrouille trop la tête ». 3a.4. Ils m'ont dit : « ne vois plus de profs ». 3a.5. Ils m'ont dit : « ne vois plus de profs pendant au moins deux semaines ». 3a.6. Ça va faire une semaine et demi. 3a.7. Je ne les ai pas vus depuis une semaine et demi. 3a.8. Je continue à faire mon petit bonhomme de chemin. 3a.9. Je continue à faire mes trucs.
3b. « Là, je vais voir un prof demain, par exemple. Mais, de toute manière, je recommencerais pas. »	3b.10. Je vais voir un prof demain. 3b.11. Je recommencerais pas, de toute façon.
...	...
3d. « Et, en fait, là, plein de profs, et même mon copain, m'ont dit : "mais comment tu peux travailler sans plan ? C'est pas possible !". Donc, il a fallu qu'ils se battent avec moi, depuis la rentrée jusqu'à maintenant en me disant : "mais M..., il faut que tu fasses un plan, machin..." . Bref. Et ça, c'était quelque chose... »	3d.17. Il a fallu qu'ils se battent avec moi.
...	...
3f. « Eh ben, j'ai pas aimé. C'est clair que ça m'a obligé à faire des choses que j'ai pas l'habitude... En plus, j'aime pas qu'on me donne des ordres, j'aime pas qu'on me donne des directives, et, ça allait contre moi, et c'était... En plus, c'était de l'analyse, quoi. C'était partir de choses que j'avais lues et... »	3f.21. J'ai pas aimé. 3f.22. C'est clair que ça m'a obligé... 3f.23. Ça m'a obligé à faire des choses que j'ai pas l'habitude. 3f.24. En plus, j'aime pas qu'on me donne des ordres. 3f.25. J'aime pas qu'on me donne des directives. 3f.26. Ça allait contre moi. 3f.27. Mon travail, c'est de l'analyse. 3f.28. Mon travail, c'est partir de choses que j'avais lues.
3g. « Donc, voilà. Donc, après, je me suis dit que, en fait, les profs avaient trop, trop raison, quoi. Enfin, c'était criant de vérité et si on me l'avait pas dit à ce moment-là, mais, ça aurait été bidon, j'aurais fait un truc, mais c'était bidon. Alors, non, non, en fait, c'est très très bien. »	3g.29. Je me suis dit. 3g.30. Les profs avaient trop, trop raison. 3g.31. C'était criant de vérité. 3g.32. Si on me l'avait pas dit à ce moment-là. 3g.33. Ça aurait été bidon. 3g.34. J'aurais fait un truc bidon.

Tableau 3. Présentation d'analyse d'entretiens avec MJ.

MJ continue à faire ses « trucs » (3a.9) : elle a du mal à prendre du recul sur son travail. Par exemple, quand elle ne suit pas les prescriptions qui règlent l'écriture du mémoire prescrit, elle le vit très mal, parce qu'elle considère l'exercice comme une auto-analyse (3f.27) à partir de ce qu'elle avait lu (3f.28). Mais, au-delà des difficultés de dialogue avec les autres

(y compris son « copain » [3d.12]), elle corrige ses erreurs (3g.30-3g.31). Son attitude est révélatrice d'une très forte assimilation subjective des contraintes et d'une absence de dédoublement cognitif permettant de parvenir à une forme de métaconnaissances de son travail.

Cas 4. Des élèves en cours de projets : communiquer son travail dans un dispositif de certification

Le contexte de ce quatrième cas est celui d'une épreuve certificative organisée en dernière année du baccalauréat Sciences et Technologies du Design et des Arts appliqués : un « projet pluridisciplinaire » dont l'évaluation s'appuie sur le processus qui conduit l'élève à produire plutôt que sur la production elle-même. Les verbalisations écrites et orales, les représentations graphiques sont évaluées en deux temps par les enseignants : tout d'abord la phase préparatoire et de recherche du projet (1) puis la réalisation (2).

Chaque équipe pédagogique propose un thème d'étude sur lequel l'élève engage une analyse, développe une recherche documentaire et une pratique plastique, puis formule une problématique (1). Il choisit ensuite un domaine et un contexte de conception puis en déduit un cahier des charges. Sa tâche de conception consiste à définir des axes de recherche et à développer plusieurs hypothèses (2).

L'analyse des traces de l'activité de conception s'appuie sur le discours qu'un élève porte sur la tâche, et sur une partie de ses productions écrites et graphiques, à l'issue du deuxième temps d'évaluation (explicitations de la démarche, dialogues avec les enseignants).

L'élève et la certification (tableau 4)

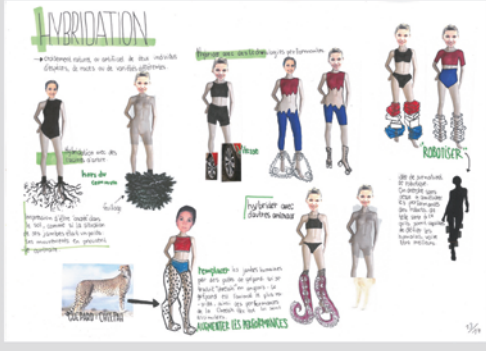
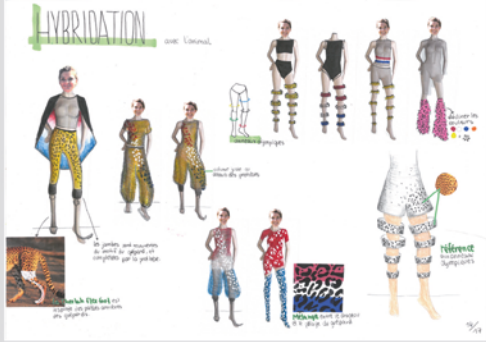
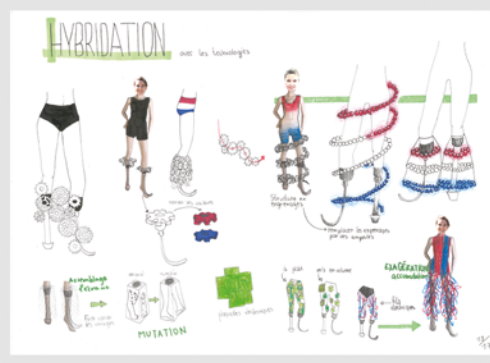
Planche 13	
13a. « Donc pour l'hybridation j'ai choisi de l'hybrider enfin d'hybrider la tenue enfin le corps humain avec trois thèmes y'avait l'hybridation avec la nature l'hybridation avec la technologie performante et l'hybridation avec les animaux. »	• CC dit ce qu'elle a « choisi » de développer dans son axe « hybridation ».
13b. « Oui je les ai je leur ai posé beaucoup de questions par exemple pour l'hybridation j'avais que la planche 13 sauf que j'étais bloqué et ma professeure elle m'a donné des idées de plus approfondir sur la nature de plus approfondir sur les animaux de plus approfondir sur les technologies alors que j'en avais pas du tout eu l'idée et du coup j'ai fait une planche par principe et ça m'a débloqué pleins d'idées que j'aurais jamais eu sans leur avoir posé des questions. »	• CC pose beaucoup de questions aux enseignants • L'enseignant donne des idées à CC. • Pour CC poser des questions la déblocage.
	• Dessin au feutre sur des photographies d'une mannequin, photomontage de feuillage, roues de voiture, pattes de girafe. • La photo de la tête de l'athlète est collée sur chaque mannequin. • Les énoncés représentent des états initiaux de représentation : - « Impression d'être ancrée au sol comme si la situation de ses jambes était un poids » - « Remplacer les jambes humaines par des pattes de guépard » - « Idée de surnaturel, de robotique ». • « Hors du commun », « remplacer », « augmenter les performances », « robotiser ».
Planche 14	
14a. « (...) l'hybridation avec les animaux donc pour les animaux je me suis principalement inspiré du guépard parce que le guépard en anglais c'est Cheetah et la prothèse s'appelle la Cheetah flexfoot donc la prothèse elle a été conçue et inspirée par les pattes arrière du guépard et comme le guépard c'est un animal enfin c'est l'animal le plus rapide il fallait mettre en valeur la rapidité la performance par la tenue. »	• CC argumente pourquoi elle ne retient que le guépard. • CC explicite son but.
14b. « Je crois que c'était l'hybridation avec l'animal que je trouvais intéressant parce que déjà y'a le guépard et qu'on pouvait vraiment décliner l'idée et par exemple là avec les anneaux olympiques j'ai joué avec les anneaux et du coup on pouvait vraiment décliner cette idée avec plusieurs motifs plusieurs couleurs plusieurs formes et ça que j'ai trouvé intéressant de partir d'un ben des anneaux olympiques qui sont assez banals banaux ben à un résultat plus approfondi et complètement différent. »	• CC raconte comment l'association d'une analogie (les prothèses « Cheetah ») et un signe fort du contexte lui a permis de développer sa recherche. • CC explicite d'où elle part et où elle arrive.
	• Dessins au feutre, crayons de couleurs sur des photographies d'une mannequin. • La photo de la tête de l'athlète est collée sur chaque mannequin. • Les énoncés précisent les intentions graphiques, par exemple : - « Cheetah Flexfoot » - « Référence aux anneaux olympiques » - « Mélange entre le drapeau et le pelage du guépard »

Tableau 4.a. Analyse comparée d'extraits de l'entretien avec CC et des planches 13-14.

Planche 15

15a. « (...) avec les technologies c'était **pour montrer** que la robotisation se fait de plus en plus importante dans notre société et que la Cheetah flex'foot c'est une partie de la robotisation. »

15b. « (...) j'ai **vraiment eu du mal à sortir** des mécanismes de l'engrenage c'était **pas assez profond** les recherches je suis juste resté sur les engrenages alors que la **technologie ça pouvait être** des cartes-mères des ampoules des fils électriques ça pouvait être aussi des écrans du coup pleins de choses et je me suis basé que sur l'engrenage. »



• CC argumente sur les buts de sa recherche.

• CC explicite ce qu'elle n'a pas suffisamment développé.

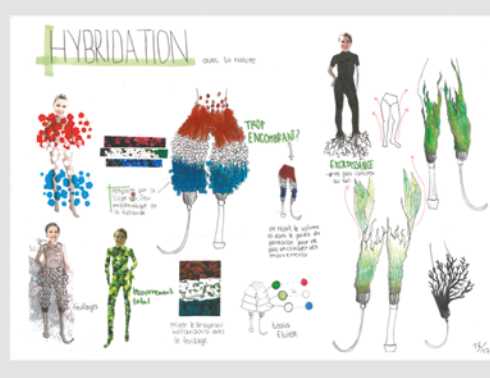
• Dessin au feutre sur des photographies d'une mannequin.
• La photo de la tête de l'athlète est collée sur chaque mannequin.
• Agrandissement de certains détails.
• Des flèches organisent un sens de lecture.

• Les énoncés sont des énoncés opératifs :
- « Structures en engrenages ».
- « Remplacer les engrenages par des ampoules ».
- « Assemblage d'écrans », « Faire varier les images », « Mutation ».
- « Plaquettes électroniques », « aplat », « mise en volume ».
- « Fils électriques », « exagération », « accumulation ».

Planche 16

16a. « (...) avec la nature c'est euh c'est **pour montrer** le renouvellement du handicap que même avec un handicap on peut grandir montrer la croissance continue de la nature. »

16b. « Ben c'était un peu parce que des fois j'étais bloqué des fois il fallait valider l'idée pour que je **parte pas dans le hors sujet** c'était aussi pour des questions par exemple là j'ai Mme G. qui m'a dit que c'était trop encombrant du coup j'ai dû rajouter la contrainte de l'encombrement et pareil pour l'excroissance elle m'a donné des idées pour euh parce que **à la base y'avait que ce croquis** et du coup après ça m'a débloqué sur ces idées de l'excroissance euh. »



• CC argumente sur les buts de sa recherche.

• CC pense que les états intermédiaires de représentation peuvent aboutir à un hors-sujet.

• Pour CC, l'enseignant est à la fois une personne ressource et une personne juge.

• Duplication d'un croquis de la planche 13.
• Dessin au feutre, à l'encre sur des photographies d'une mannequin.
• La photo de la tête de l'athlète est collée sur chaque mannequin.
• Les énoncés sont des énoncés opératifs :
- « Remplacer par la tulipe, fleur emblématique de la Hollande ».
- « Trop encombrant ? », « on réduit le volume et donc le poids du pantalon pour ne pas encombrer ses mouvements ».
- « Feuillage », « recouvrement total », « mixer le drapeau avec le feuillage », « tissu fluide ».
- « Excroissance », « ne pas s'ancrer au sol ».

Tableau 4.b. Analyse comparée de l'entretien avec CC et des planches 15-16.

Le thème « Parade » imposé par les enseignants conduit CC à définir sa tâche de conception : proposer des « tenues » pour la cérémonie d'ouverture des Jeux paralympiques à une sprinteuse néerlandaise amputée des deux jambes.

Les données révèlent les états initiaux et intermédiaires de représentation de l'artefact. Quand CC parle de son travail de conception, elle explicite d'où elle part et où elle arrive : « Partir [...] des anneaux olympiques qui sont assez banaux [...] à un résultat plus approfondi et complètement différent » (14b.). Elle sollicite très régulièrement ses enseignants : « Je leur ai posé beaucoup de questions » (13b.). Ça la « débloque » (13b.-16b.), lui donne « des idées » (13b.-16b.). Elle redoute le « hors sujet » (16b.). Elle dit qu'elle a « vraiment eu du mal à sortir » des contraintes propres à la mécanique de l'objet et de son fonctionnement (15b.), mais elle raconte comment l'association « guépard-anneaux olympiques » (14b.) a été un élément déclencheur lui permettant de se dégager des contraintes. Elle justifie ses buts : « C'était pour montrer » (15a.). Elle ancre sa recherche dans une réflexion plus générale – « la robotisation se fait de plus en plus importante dans notre société » (15a.) – et un engagement citoyen – « même avec un handicap » (16a.). Elle évalue son travail : « Ce n'était pas assez profond » (15b.).

CC développe ses hypothèses à partir d'un même modèle graphique ce qui lui permet, ainsi qu'aux enseignants, de comparer, de faire évoluer et d'évaluer ses hypothèses. Elle assimile subjectivement les contraintes. Par exemple, elle ne s'occupe pas de « l'encombrement » de l'artefact [16b.]. C'est l'enseignant qui la guide dans l'organisation de ses recherches à travers les énoncés opératifs qu'elle écrit pour réduire l'incertitude de ce qui ne va pas et qui pourrait être développé.

Cas 5 et 6. Des étudiants en relation avec un partenaire : dialoguer pour concevoir ou pour apprendre

Le dernier contexte observé montre des étudiants confrontés à une tâche de conception élaborée par un partenaire industriel. Deux situations didactiques différentes ont été construites, reposant sur le même sujet d'exercice de conception : un groupe d'étudiants en Licence d'arts appliqués a été en contact à trois reprises avec le partenaire (M. S.), l'autre groupe, en BTS Design produit, n'a interagi qu'avec ses enseignants.

Les entretiens menés à l'issue de l'exercice ont pris pour support les « états successifs de représentations » de l'hypothèse d'artefacts regroupés dans des « carnets de bord » du projet ou sur des planches de présentation. Les tableaux 5 et 6 mettent en regard des extraits des entretiens relatifs aux « dialogues » et énoncés (verbaux, écrits ou oraux) que deux des étudiants adressent à eux-mêmes, aux enseignants et/ou au partenaire.

L'étudiant qui n'interagit pas avec le partenaire (tableau 5)

Extraits des verbalisations de TA	Analyse des verbalisations	Productions de TA	Analyse des productions
Planche 1 5a. Là l'influence directe par rapport au sujet, c'était toujours d'avoir un produit qui soit peut-être dans sa production pas tellement coûteux, donc pas avoir des formes extra compliquées, ni des matériaux extra compliqués, ni des trucs infaisables. Planche 2 5b. c'était un choix pédagogique, comme d'écarter celui-là aussi, puisque dans son développement, le dessin de définition de ça, le plan, c'est un carré, un rectangle, il n'y a aucune contrainte, j'aurai peut-être une courbe à gérer, à part faire un géométral et une vue en 3D, et une vue de mise en situation comme ça, à part ça, le pot il y a qu'une pièce... 5c. Je me suis dit on peut s'amuser à dessiner un truc qui nous plaît un peu [...] et au début j'étais parti un peu sur du style. 5d. On m'a dit « ça c'est un peu trop du style », j'ai compris après parce que par rapport à la section où on est, [...] on me demande pas de faire que de la forme. [...] Le design c'est pas que de la forme et que du style, [...] au niveau de l'analyse et tout ça, qu'il y a toute une méthode derrière, il y a tout un process. Moi, depuis que je suis ici, je suis rentré là-dedans et j'ai compris qu'on écarte ce projet. 5e. Ils [les enseignants] ne nous ont pas forcé [rire] mais c'est qu'ils nous poussent [...] à sortir du style pur, d'avoir un objet qui soit quand même intéressant en soi. Planches 4 et 5 5f. C'était un peu bizarre, parce qu'on a pris connaissance de l'entreprise, parce que là on est encore dans le domaine scolaire en fait. C'est qu'on a un cahier des charges, on a quand même toujours la liberté, ce que je vois sur des projets, c'est que tant que ça a l'air de marcher, pour l'instant ça va. 5g. C'est la première fois qu'une idée de ma tête me sort en rendu. Je suis loin encore de la représentation réelle extrême, mais d'avoir une image aussi réelle d'une idée [...] ça m'a apporté des connaissances au niveau de l'infographie.	Assimilation du sujet de l'exercice issu de la demande d'un partenaire industriel L'évaluation des hypothèses de TA permet aux enseignants de spécifier la nature didactique de la situation de conception. Le choix d'une hypothèse est dicté par son potentiel pédagogique et non par les prescriptions énoncées par le partenaire. Les propositions 1 et 2 sont écartées au profit de la proposition 3. Pour répondre au cahier des charges du partenaire, TA considère une réponse principalement esthétique. La présentation des hypothèses de TA permet aux enseignants d'inscrire le design au sein d'un système de valeurs basé sur l'usage. Une remarque des enseignants sur ses hypothèses permet à TA de déduire le système de valeur sur lequel ces derniers fondent la formation. L'entreprise, ses enjeux et ses objectifs, ce sont effacés au profit de la situation didactique. TA a conscience du fait que sa proposition finale n'est pas techniquement totalement aboutie. L'hypothèse de la « <i>transfusion pour plantes</i> » (planches 3, 4 et 5) ne répond que partiellement à la prescription du partenaire mais permet de développer des compétences de représentation et de répondre à la demande des enseignants.	1 2 3 4 5	Planches 1, 2 et 3, présentation phase 1 : . Dessins manuels rehaussés au marqueur. • TA explicite une « problématique » en lien avec le sujet de l'exercice : 5h. Gain de place sur les terrasses. 5i. Permettre l'arrosage pendant l'absence des propriétaires. • Les énoncés présentent les réponses offertes par la proposition, par exemple : 5j. La forme des pots permet une juxtaposition pour un gain de place 5k. Facilité d'utilisation pour le remplissage ou l'usage. De façon implicite la forme des pots (planche 1) répond à la demande de produits simples à fabriquer. 5l. le kit peut être rangé dans un pot prévu à cet effet. Planches 4 et 5, présentation Phase 2 : . Dessins et planches réalisés à l'aide d'un logiciel de dessin vectoriel. • TA élabore une présentation technique du dispositif finalement développé. Il détaille les différents éléments constituant, principes de fabrication et de montage : 5m. La perfusion en elle-même est composée de 5 parties : les modules d'entrée et de sortie sont emprisonnés par le silicone. La liaison entre le crochet d'attache et la poche est assurée par collage.

Tableau 5. Analyse comparée d'extraits de l'entretien avec les planches de TA. Situation BTS.

La présentation de ses hypothèses d'artefacts par TA permet aux enseignants de postuler que « le design [...] n'est pas que du style » (5d) et de spécifier la nature didactique de la situation de conception. Le choix d'une hypothèse est dicté par « un choix pédagogique » (5b) plus que par sa pertinence au regard des prescriptions énoncées par le partenaire : « Un produit qui ne soit [...] pas tellement coûteux, donc qui n'aura pas des formes [...], ni des matériaux extra-compliqués » (5a).

Puisqu'il ne « peut » pas répondre à la prescription du partenaire en « s'amusant à dessiner un truc qui nous plaît un peu » (5c), TA modifie sa représentation opérative de la situation et reprend une « méthode » (5d) basée sur un système de valeurs transmis par les enseignants (5c, 5d, 5e) pour concevoir « un objet quand même intéressant en soi » (5e). Il propose une hypothèse qui « a l'air de marcher » (5f), techniquement complexe, car « composée de cinq parties » (6m) et formellement complexe à dessiner. Ainsi, après avoir dialogué avec ses enseignants (5e), TA fait une nouvelle assimilation subjective et opportuniste de la prescription hybride (opérationnelle et pédagogique) pour développer des compétences de représentation avec un outil de dessin vectoriel (5g).

De façon « bizarre » (5f), au gré des échanges avec les enseignants (5c, 5d, 5e) et l'entreprise, ses objectifs (5a) se sont effacés au profit d'enjeux pédagogiques (5b). « Parce que là, on est encore dans le domaine scolaire » et « qu'on a quand même toujours la liberté » (5f), les enseignants ont encouragé TA (5b) à contourner la prescription du partenaire.

L'étudiant qui dialogue avec un partenaire industriel (tableau 6)

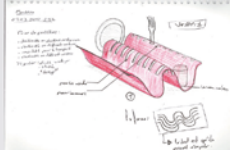
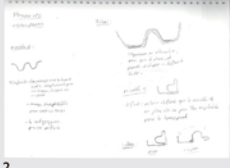
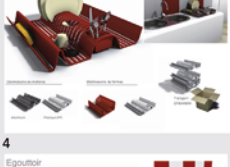
Extraits des verbalisations de EB	Analyse des verbalisations	Productions de EB	Analyse des productions
6a. il faut donc s'adapter à un cahier des charges, une entreprise, ce qu'ils peuvent faire, ce qu'ils veulent faire. 6b. Pour moi, c'était un projet, un exercice beaucoup moins pédagogique que les autres, [...] c'était une sorte de mise en liberté [...] devant de vrais personnages qui allaient juger sans pédagogie [...] et donc ça c'était tout l'inverse de ce qu'on avait fait avant, 6c. Pour moi c'était pas parler à des professeurs, c'était ça l'exercice. 6d. [Les contraintes], j'essayais d'éloigner ça de ma tête, je me disais que les designers ils avaient droit un peu à tout faire, à tout rêver et finalement ils [M. et Mme S.] ont bien recalé : ce qui marchait, ce qui marchait pas, [...] c'était vachement brisant. 6e. j'ai beaucoup pensé à M. S., comment il allait le vendre, est-ce qu'il allait gagner de l'argent [...] est-ce que ce que j'ai fait là ça va pouvoir être adaptable à [la société], [...] chaque fois ça a été la même question, sur chaque petit truc est-ce ça va marcher ? [...] c'était pas faire un truc qui me plait vraiment où je pense pas à [la société] et après, je vais voir [la société] et je lui dit démerde-toi . 6f. le rouge, je l'ai gardé parce que [...] Monsieur S. a aimé. 6g. j'avais quand même écrit [...] avant : « Déclinable en plusieurs matériaux, [...], empilable pour le transport. 6h. je sais pas si ça a été un hasard que la première s'emboîte [...], je me suis dit : « C'est emboîtable » et après, j'ai toujours essayé de rester emboîtable. 6i. Il [le partenaire] l'avait dit de manière simple [...] : « Même si vous faites un cube, faites-le légèrement incliné pour qu'il soit emboîtable ». 6j. si ce n'est pas emboîtable, ça ne va pas plaire, en tout cas pas à M. S. 6k. personne n'y croyais vraiment, enfin tous ceux à qui j'ai montré, ça plaisait pas, donc j'avais continué. 6l. là, je vois [les enseignants] pour voir la forme, donc là, c'est vous qui me mettez sur la voie d'hybridation. 6l. C'est ma première vraie jolie planche, [...]. La communication, je sais que c'était pas ça le sujet vraiment [...] donc le but de la planche, c'était de séduire [...] j'avais l'avantage de la 3D [...] je savais ce que M. S. attendait vraiment, l'emboîtabilité, je l'ai mise en avant.	L'exercice consiste à respecter le cahier des charges, les contraintes d'une entreprise. La nature pédagogique du projet est remise en cause. Les partenaires évaluent les projets sans faire référence à la pédagogie. Les exercices antérieurs sont assimilés à un dialogue avec des enseignants, celui-ci, à un dialogue avec le partenaire. EB a une représentation initiale idéalisée de la profession de designer. Les échanges avec les partenaires ont modifié la représentation robinsonnique de l'activité de conception et designer démiurge. Cela conduit EB à élaborer et évaluer ses hypothèses sous une forme de dialogue interrogatif permanent avec le commanditaire. Il n'est pas question pour ER de faire selon son propre goût, mais de répondre aux attentes de l'entreprise et au goût du partenaire (M. S.). L'activité de conception est ainsi fondée sur les interactions avec le partenaire. Les énoncés oraux du partenaire sont assimilés et retranscrits. Ils sont repris de façon récurrente dans le cadre d'un dialogue intérieur et en annotation en regard des états de représentation produits. « L'emboîtabilité » est devenue une contrainte non négociable qui a guidé les choix parmi les hypothèses de EB (Planche 2). Les dialogues avec d'autres sujets incitent EB à modifier son modèle (planche 3) sans l'écarter de sa « prise de position initiale » (Planche 1). La planche est adressée aux partenaires, les échanges préalables avec ces derniers régulent une partie de l'activité de conception, notamment l'élaboration d'états de représentation de l'artefact destinés à la planche finale de présentation (planche 5).	 1  2  3  4  5	Planches 1, 2 et 3 : extraits carnet de croquis . Dessins manuels rehaussés au crayon. . Modélisations 3D annotées. Planche 1 et 2 6m. Prise de position : . Déclinable en plusieurs matériaux, . déclinable en plusieurs couleurs, . empilable pour le transport, . déclinable dans différentes versions, . facile à nettoyer, stable et design. Un croquis indique à nouveau : 6n. La forme : le but est qu'ils puissent s'empiler. Planche 3 : Mise en place d'une stratégie de présentation (cf. 6i.) : 6o. 3D, mise en situation Proposition rejetée : 6p. Inutile. Problème : pas emboîtable. Proposition pourtant conservée (planche 4) 6q. ligne de conduite : hybridation (égouttoir, porte-éponge). Annotation issue d'un échange avec les enseignants (cf. 6l). Planches 4 et 5 : . Dessins manuels rehaussés au crayon. . Modélisations en 3D Planche intermédiaire 4 : Reprise partielle des éléments de la « prise de position » (cf. 6a.). 6r. Déclinaison de matière et de formes. Transport : emboîtable. Planche finale 5 : Abandon du modèle « inutile » (cf. 6a). Développement de la piste « hybridation » (cf. 6a.) : 6s. Porte-éponge distributeur de savon.

Tableau 6. Analyse comparée d'extraits de l'entretien avec les planches de EB. Situation Licence.

Ce projet, « un exercice beaucoup moins pédagogique que les autres » (6b), conduit EB à reconsidérer sa représentation des « designers [qui] avaient droit un peu à tout faire, à tout rêver » (6d). Cette dernière se construit au fil des échanges avec le partenaire (6d). La tâche de conception opérationnelle prescrite dans le cadre d'un exercice est assimilée comme « s'adapter à un cahier des charges, à une entreprise, ce qu'ils peuvent faire, ce qu'ils veulent faire » (6a), et opposée aux exercices précédents : « C'était tout l'inverse de ce qu'on avait fait avant » (6b) ; « Ce n'était pas parler à des professeurs, c'était ça l'exercice » (6c). Cette opposition/négation permet implicitement à EB de donner sa définition de l'activité de conception opérationnelle : parler à un commanditaire. L'activité de EB est ainsi régulée par des images opératives issues des échanges : « Je savais ce que M. S. attendait vraiment, l'emboîtabilité » (6i).

Une « relation discursive au partenaire » s'établit lors de l'élaboration et de l'auto-évaluation des états de représentation : muette (« J'ai beaucoup pensé à M. S., comment il allait le vendre, [...] chaque fois, ça a été la même question, sur chaque petit truc : est-ce que ça va marcher ? » [6e]), ou au travers d'annotations (« Le but est qu'ils puissent s'empiler » [6o], « Inutile : pas emboîtable » [6p]).

L'ensemble de l'activité est ainsi adressé au partenaire : « Ce n'était pas faire un truc [...] où je ne pense pas à [la société] » (6e). Cela conduit EB à douter de la nature didactique de la situation. Il est pourtant capable d'en définir les objectifs pédagogiques comme l'adaptation au cahier des charges, la prise en compte des spécificités de l'entreprise (6a). Des énonciations récurrentes (6m à 6s) et des dialogues avec les enseignants (6l) permettent à EB de ne pas s'écarter de ces objectifs.

DISCUSSION : LES COMPÉTENCES D'ÉNONCIATION ET L'ÉNONCIATION DES COMPÉTENCES

Les déclarations des enseignants sur l'activité des étudiants dans les tâches prescrites et les typologies d'énonciations des étudiants pendant et sur ces tâches donnent la mesure des compétences en jeu dans les situations d'enseignement-apprentissage du design : les compétences d'énonciation et les compétences développées pour et pendant ces énonciations. Cinq items sont discutés et illustrés afin de préciser ces compétences.

Dire pour faire surgir le potentiel individuel

Les enseignants parlent à la place des étudiants. Ils leur attribuent des qualités qui les situent dans des interactions multiples et complexes. Entre les discours tenus sur eux et ceux que les étudiants tiennent sur leur activité, plusieurs vies émergent (tableau 7).

	Verbalisations	Commentaires
Enseignants	Et il n'y a pas le choix. Je ne pense pas que vous apprenez de cette façon. SB	L'état initial de représentation n'apparaît pas par magie. Il est le fruit d'une conceptualisation ou d'images antérieures qui facilitent ou empêchent la validation de la première étape de la tâche de conception. C'est le cas de CC, l'élève dont l'esprit est phagocyté par les « engrenages » comme une forme de sédimentation d'expériences passées ou vécues qui nuisent à l'« approfondissement » de la recherche. Il lui arrive aussi de passer à autre chose puis d'y revenir. Il faut parfois attendre longtemps avant la « première fois » où une idée sort de la tête en rendu », directement. Le « back-talk » semble inexistant : ce qui est représenté est exactement ce qui est imaginé.
	L'étudiant doit décider quelle direction il veut prendre. SB	
Étudiants	C'est la première fois qu'une idée de ma tête me sort en rendu. Je suis loin encore de la représentation réelle extrême, mais d'avoir une image aussi réelle d'une idée [...] ça m'a apporté des connaissances au niveau de l'infographie. TA	Sinon, il est toujours possible de demander à présenter les projets à un autre, étranger à la situation didactique, pour faire émerger, en miroir, le potentiel, la vraie disposition, qu'il est difficile d'identifier quand les dialogues sont routiniers et attendus. En ce sens, les enseignants sont partisans de laisser les étudiants s'en débrouiller : c'est à l'étudiant de décider (SB).
	Merci à vous, car ça permet aussi un peu de parler de nos projets. On en parle avec les professeurs, mais avec quelqu'un qu'on ne connaît pas, c'est différent, ce n'est pas la même approche. Je pense que l'on comprend peut-être mieux nos projets quand on en discute avec des gens. AL	
	L'avantage avec [les partenaires], c'est qu'ils jugent le travail et pas l'étudiant. EB	
Élèves	J'ai vraiment eu du mal à sortir des mécanismes de l'engrenage c'était pas assez profond les recherches je suis juste resté sur les engrenages. CC	
	Après quand j'ai fini l'axe de « hybridation » j'ai repris un peu l'axe de l'affirmation parce que j'avais de nouvelles idées. CC	

Tableau 7. Le potentiel de conception surgissant.

Si certains étudiants parviennent à rendre compte des tâches qu'ils ont eux-mêmes organisées dans le temps de l'activité, d'autres sont en difficulté pour rendre intelligible leur activité en l'adressant à autrui.

ÉNONCER POUR ASSIMILER SUBJECTIVEMENT : DIALOGUE ET (FAUX) MONOLOGUE

Par monologue, il faut entendre un dialogue intériorisé formulé en « langage intérieur » entre un « moi-locuteur » et un « moi-écouté » (BENVENISTE, 1970). Ces monologues sont l'indice d'une acquisition d'autonomie dans la conception (tableau 8).

	Verbalisations	Commentaires
Enseignants	Les étudiants doivent <i>définir</i> et <i>justifier</i> leur propre méthode de travail. SB	Plusieurs discours entendus, retranscrits, portent des formes de monologue, d'adresse à soi-même, où le « moi-locuteur » rencontre le « moi-écouté ». Quand ça n'est pas l'enseignant qui prend la place des étudiants (FB : JE M'ORGANISE POUR ÊTRE, J'AI CHOISI, etc.), ce sont les étudiants qui se parlent à eux-mêmes, dialoguent avec un langage intérieur qui montre le besoin d'un recul, d'un temps pour prendre une distance, sortir de son monde (AC), pour se questionner, se dire des choses (PA), se « demander » (TR).
Étudiants	Je me suis dit : « Tiens, qu'est-ce qui est écologique et qui n'est pas sur le balcon ? » Alors, j'ai pensé au compost, c'est vrai que dans les grands jardins, on retrouve beaucoup de compost, donc je suis partie de là. Je me suis dit : « C'est bien un composteur, mais ça existe déjà, donc qu'est-ce qu'on pourrait lier à ça ». PA	En imposant aux étudiants de définir et justifier leurs propres méthodes, SB impose le temps d'arrêt, le dédoublement cognitif nécessaire parce qu'il ne veut pas être celui qui dit « OK, vous allez le faire de cette manière ».
	Avec A. [un camarade] et on s'envoie tout le temps, par mail, ce qu'on vient de faire, un croquis où quoi donc j'avais fait la planche en 3D pour vraiment qu'il voit et qu'il me dise ce qu'il en pense très honnêtement EB	Pour éviter le dialogue qui conduit aux empêchements (MJ qui ne voit plus ses « profs » pendant deux semaines, à leur demande), les enseignants comptent beaucoup sur les dialogues intérieurs de leurs élèves/étudiants. Ces dialogues sont constants. Ils permettent une assimilation subjective des contraintes comme l'élève TR qui a trouvé une solution au problème qu'il s'était posé ou NN qui découvre que son problème était mal posé.
	Là, dans le dessin j'ai rajouté ce petit trait qui voulait dire : « Rester plat », cela me paraissait pas clair, mais pour moi, ça en disait beaucoup. EB	
	Est-ce qu'elle rentre dans le moule, est-ce que ce que j'ai fait là ça va pouvoir être adaptable à [la société]. [...] chaque fois ça a été la même question, sur chaque petit truc est-ce ça va marcher ? C'était pas faire un truc qui me plait vraiment où je pense pas à [la société] et après, je vais voir [la société] et je lui dit démerde-toi. EB	
	Je ne me souviens plus du sujet, en fait [...], j'étais dans mon monde. AC	
Élèves	À partir de là je m'étais demandé pour mon contexte dans quelles situations on avait besoin d'être apaisé donc là j'en suis arrivé aux situations d'attente. TR	
	Je me suis rendue compte que ça marchait super bien d'associer l'insecte avec quelque chose qui appartenait à la table genre « assiette », du coup on associait l'insecte à la nourriture et je me suis rendue compte que mon problème de design était trop large trop ouvert en fait. NN	

Tableau 8. Dialogues, monologues et assimilation.

Les étudiants multiplient les dialogues dans la situation complexe d'interactions qu'ils appréhendent. La présence d'autres locuteurs, y compris soi-même, et le dialogue avec la situation contribuent à développer la compétence de conception.

COMMUNIQUER POUR RENDRE COMPTE ET PARTAGER (MÉTA-CONCEPTION)

Cette compétence peut être élargie grâce au partage imposé ou demandé dans le dialogue, par les parties prenantes (tableau 9).

	Verbalisations	Commentaires
Enseignants	C'est-à-dire que c'est plus que de la communication. FB	Énoncer son activité de conception c'est communiquer, mais en partie seulement, selon FB qui demande une justification pour chaque choix opéré à chaque étape : sinon, pas de validation.
	Chacun à chacune des étapes du projet, chaque choix opéré, soit un choix qui soit le choix le plus juste, par rapport à leur travail et à leur analyse. FB	L'enseignant impose ainsi une forme de partage de la conception en obligeant l'étudiant à rendre compte tout au long de la tâche de conception.
Étudiants	Ce n'est pas vraiment expliquer, c'est comment ça marche en montrant une vue pour que la personne comprenne comment ça peut marcher, et dans son univers un peu. Ce n'est pas expliqué en détail, car c'est vraiment le début. AL	Qu'ils soient étudiants ou élèves, les apprentis concepteurs peuvent exiger un guidage fort. C'est le cas de l'élève CR qui se retrouve isolé quelques temps, finit par obtenir une entrevue sur les tâches réalisées et, avec soulagement, l'accord de l'enseignant sur les représentations.
	Là, j'avais pas le temps, j'ai fait ça un soir vite fait pour montrer aux professeurs. Je compte présenter une maquette un peu plus perfectionnée. AL	CC fait la même chose pour ne pas être « bloqué », pas « hors-sujet ». Quand un étudiant, PA, manifeste aussi son désappointement à manquer de « contraintes fortes », pour être « dans les rails », il sollicite aussi les enseignants.
	C'est vrai que ça a été un des sujets où ils nous ont pas vraiment mis de contraintes fortes. Je l'ai senti comme ça. Je leur ai demandé plus de renseignements, ce qu'il fallait faire ou ce qu'il ne fallait pas faire, je marche comme ça, moi, j'aime bien qu'on me dise un peu ce qu'il faut faire, être dans des rails. PA	L'activité de conception n'est pas isolée, robinsonnique. Elle est partagée. D'une part, elle est voulue ainsi par les enseignants (justifier chaque étape, ce qui veut dire, énoncer, dialoguer, convaincre) alors même qu'ils se défendent d'imposer une méthode ou d'intervenir dans l'activité de conception (« ils doivent être ce qu'ils sont »). D'autre part, elle est demandée par les élèves ou les étudiants qui ne cherchent pas la validation par les autres et remettent leur travail entre leurs mains.
	J'aime bien qu'on me dise ce qu'il faut faire, j'ai envie de rester dans le sujet. PA	
Élèves	Sur un format A3 c'était trop petit j'avais pas écrit et j'avais pas mettre des photos assez grandes. Il aurait fallu réduire tout et je voulais qu'elles soient assez grandes (...) Je voulais que ce soit compréhensible en fait j'avais mis plein de photos parce qu'y avait plein de directions. WM	
	À un moment j'étais un peu en stress parce que j'avais pas vu Mme G depuis longtemps et du coup j'avais peur d'être partie dans une mauvaise direction et en plus c'était au moins la septième planche et je me disais que si ça va pas je dois tout recommencer enfin j'étais vraiment pas bien et du coup quand je l'ai revue après quelques jours plus tard je lui ai demandé de venir me voir et finalement ça allait bien et du coup ça m'a rassuré et après ça allait. CR	
	Ben c'était un peu parce que des fois j'étais bloqué des fois il fallait valider l'idée pour que je parte pas dans le hors sujet. CC	

Tableau 9. Rendre compte, partager, concevoir avec les autres.

L'activité est adressée, partagée, mise en commun avec le souhait d'en garder des traces, d'en garder la mémoire, y compris en demandant un guidage fort (une stratégie possible de méta-conception).

ARGUMENTER ET NÉGOCIER POUR RÉDUIRE LES INCERTITUDES ET VALIDER LES ÉTAPES

Dans la conception, il y a une direction à prendre et des étapes à franchir. L'activité est alors formalisée pour réduire les incertitudes en clarifiant le système d'intercompréhension (tableau 10).

	Verbalisations	Commentaires
Enseignants	Il y a les méthodes que nous suggérons et nous présentons des méthodes. SB	Pour SB, les méthodes sont suggérées, présentées mais pas imposées. Elles se discutent. Pour lui, les étudiants doivent choisir la direction à prendre . Certes l'enseignant n'est jamais loin. Par exemple, AL dit que la discussion n'aboutit pas toujours à un accord. En cas de désaccord, il assume. À la différence de l'étudiant, l'élève de bac ne négocie pas. Il reçoit une information qu'il intègre à son cahier des charges et qui fait avancer la tâche en imposant une nouvelle planification (quand l'attente d'intervention n'empêche tout simplement pas de mettre en œuvre le planning : CC est bloqué quand l'enseignant ne dit rien) : comment CC peut-il prendre en compte l'« encombrement » de l'artefact » dans les représentations alors que ce problème avait été ignoré et était encore imprévu avant l'intervention de l'enseignant ? De la même façon, pour TR, l'intervention des enseignants est à sens unique : pas de question à poser mais des recommandations à entendre et à incorporer dans la tâche.
	L'étudiant doit décider quelle direction il veut prendre. SB	
Étudiants	Après, avec le professeur, on a vu ce qu'on voulait plutôt développer, le produit qu'on voulait choisir dans toutes nos recherches. Ensuite, on voit ce qui est le plus réalisable, le plus faisable ; du coup, je suis allée vers celui-là. J'ai donc dit celui-là et le professeur m'a dit qu'il était pas mal. Du coup, c'est vrai qu'on était en accord ; parfois, il peut ne pas être d'accord. Ça été mon choix. AL Ben, en fait, j'ai travaillé en collaboration avec un étudiant ingénieur pour savoir si au niveau du pied c'était assez résistant, au niveau des épaisseurs aussi, parce que j'aime bien que ce soit assez concret. En fait, il m'a aidé à calculer les épaisseurs pour que ce soit une table assez solide et à la fois assez aérée, ça, c'est moi qui ai travaillé sur ça, au niveau esthétique. Mais, c'est vrai que ça me plaisait bien aussi de confronter nos deux disciplines [...] C'est vraiment très intéressant de travailler comme ça, enfin moi, j'ai beaucoup aimé. PA Quand ils sont venus, qu'on leur a posé des questions, il y avait quelque chose de plus [...] parce que, quand on est en cours, c'est vous qui parlez, de toute façon, ça se voit, les gens sont beaucoup plus concentrés quand c'est quelqu'un d'extérieur. Oui. Déjà, les questions on en pose moins et les seules questions qu'on pose, elles sont beaucoup plus structurées. Du fait que c'est une personne qu'on connaît pas, on sait pas comment elle va réagir non plus, c'est par rapport à un projet, c'est lui qui demande quelque chose, le contact est différent. FM	
Élèves	C'était aussi pour des questions par exemple là j'ai Mme G qui m'a dit que c'était trop encombrant du coup j'ai dû rajouter la contrainte de l'encombrement. CC Ils nous demandaient où est ce qu'on en était et donc la démarche qu'on a eu jusqu'à l'entretien alors non moi j'ai pas de questions précises à l'avance je crois pas que j'avais de questions pendant les entretiens non plus mais à chaque fois ils m'ont donné des pistes des choses à privilégier de continuer sur certains trucs. TR Ben c'était un peu parce que des fois j'étais bloqué des fois il fallait valider l'idée pour que je parte pas dans le hors sujet. CC	Parfois, la réduction d'incertitudes passe par l'intervention d'un spécialiste. Quand un étudiant designer fait appel à un autre étudiant (ici un ingénieur), il sous-traite des calculs qu'il ne sait pas faire et rend son projet plus réalisable. Pour autant, il ne le réalise pas. Il s'agit donc bien d'une manière d'affiner les représentations de sorte que ceux qui pourraient réaliser l'artefact aient à leur disposition des informations appartenant à leur système d'intercompréhension et pas à un « faux » système fait d'approximations.

Tableau 10. Rendre compte, partager, concevoir avec les autres.

Concevoir avec les autres suppose de négocier dans le meilleur des cas, mais aussi, parfois, d'être empêché ou en conflit, si l'autre ne dialogue plus ou enjoint plutôt qu'il ne partage.

RENOUVELER LES HÉRITAGES CONCEPTUELS

Il y a le design de l'école, celui qui s'apprend et il y a le design de l'entreprise, celui qui s'exerce. Il y a la vie (les vies) de l'étudiant et celle(s) de l'enseignant, les valeurs, les expériences, etc. Les héritages peinent parfois à être transmis (tableau 11).

	Verbalisations	Commentaires
Enseignants	Nous ne voulons pas nécessairement que les étudiants ressemblent à leurs professeurs. SB	Si les enseignants craignent que les étudiants puissent leur ressembler (SB), cherchant à les faire advenir « ce qu'ils sont », les étudiants, eux, ont bien conscience qu'ils ne vivent pas la même vie, ne peuvent pas attendre des réponses précises à des questions techniques cruciales, ne partagent pas les mêmes valeurs et ne se font pas d'illusion sur les scénarios d'usage qui pourraient être discutés. Après tout, si le scénario de l'étudiant qui se lave les dents sous la douche est reproductible, il importe peu que l'enseignant soit « convaincu ».
	Nous voulons qu'ils soient ce qu'ils sont. SB	
Étudiants	On sait pas trop comment ça va être, on sait pas trop les matériaux. On voit un peu les techniques, une injection qui explique comment ça pourrait être fait. Si par la suite, ça marche pas ou si c'est pas bon, on voit avec les professeurs. Je commence à m'approcher du produit [...] Oui : « est-ce que c'est réalisable ? » et « comment je vais le faire ? AL	Plus radical, FM dit que ce qu'il fait en cours n'est pas la vraie vie de l'entreprise et donc il s'adapte pour coller aux attentes des enseignants, pas pour apprendre son métier. L'élève TR ne peut pas envisager de réaliser un projet « impossible » dans la vraie vie mais a conscience que son projet n'est pas abouti. CC « se démarque des autres » tout en respectant les consignes.
	Parfois, on se lave aussi les dents dans la douche – les profs n'en sont pas convaincus, mais, moi, je le fais. AL	
	C'est peut-être cette notion que je retiens, pour une entreprise, je l'explique pas je le vends [rire], pour les cours, je l'explique mais je le vends pas. FM	
Élèves	Y'a des élèves qui ont fait des choses plus euh je sais pas comment dire où c'est plus la démarche qui prime sur le résultat y'a des trucs qui sont impossibles mais c'est assumé que c'est impossible non moi j'essaie de faire un truc qui dans l'absolu pourrait être possible donc oui l'idée de possibilité que je trouve importante. TR	
	Ils [les enseignants] m'ont souvent dit que c'était intéressant de travailler sur le handicap et vu que j'ai essayé vraiment de faire tout ce qu'ils m'ont dit j'y pense qu'ils vont le voir et que ça va. CC	
	Mon but c'était vraiment de me démarquer des autres projets parce que du coup c'est pas banal de travailler sur un handicap sur les jeux paralympiques parce que dans mes recherches j'ai vu que c'était pas du tout médiatisé les Jeux Paralympiques. CC	

Tableau 11. Renouveler les valeurs, les concepts, etc.

Les savoirs en action et concepts en acte de l'activité professionnelle de conception ne sont pas forcément transposés dans la formation (au profit d'une transposition inversée ?). Les étudiants le savent et font avec.

CONCLUSION : UNE DIDACTIQUE DE LA CONCEPTION PASSE PAR UNE ACTIVITÉ D'ÉNONCIATION

L'analyse de l'activité de conception en situation d'apprentissage permet de montrer des mécanismes cognitifs et symboliques sous-jacents à l'activité de conception ou à la manière dont l'élève ou l'étudiant réalise les exercices prescrits et acquiert des compétences de conception par l'énonciation : emploi stratégique de représentations et discours choisis à dessein ; dialogues et monologues adressés pour assimiler ; partage des connaissances pour une méta-conception ; argumentation liée à la négociation pour valider les étapes, réduire les incertitudes ; conscience du renouvellement des héritages conceptuels que les enseignants s'évertuent à perpétuer tout en souhaitant que les étudiants les renouvellent.

Des habiletés et des dispositions apparaissent au sein de dialogues ou monologues adressés, tout comme une forme de méta-conception par la communication : des négociations argumentées pour valider des étapes de conception.

C'est dans l'énonciation des activités, dans l'explicitation des tâches, dans la communication des représentations que l'étudiant construit sa compétence de conception. Il lui faut énoncer, autant pour lui-même que pour ceux avec qui il souhaite entrer en dialogue. L'activité de conception se construit dans ce dialogue comme une activité rhétorique du design. Elle y est même amplifiée. L'enseignant, FB, l'exprime ainsi : « L'activité du design s'invente parce qu'on la pratique. » Il faudrait ajouter qu'on dit, pour la pratiquer et qu'on dit, comment et pourquoi on la pratique.

Ainsi, la construction d'une didactique du design pourrait requérir l'approfondissement de l'analyse des systèmes d'intercompréhension révélés dans l'activité de conception en situation d'enseignement-apprentissage.

Références

- BENVENISTE, E. (1970). L'appareil formel de l'énonciation. *Langages*, 5(17), 12-18. doi:10.3406/lgge.1970.2572.
- BONNARDEL, N. (2009). Activités de conception et créativité : de l'analyse des facteurs cognitifs à l'assistance aux activités de conception créatives. *Le Travail Humain*, 72(1), 5-22. doi:10.3917/th.721.0005.
- BONNARDEL, N. et DIDIER, J. (2016). Enhancing Creativity in the Educational Design Context: An Exploration of the Effects of Design Project-Oriented Methods on Students' Evocation Processes and Creative Output. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 15(1), 80-101. doi:10.1891/1945-8959.15.1.80.
- BRASSAC, C. (2004, mai). *Action située et distribuée et analyse du discours : quelques interrogations*. Communication présentée au 9^e colloque de Pragmatique de Genève et colloque Charles Bally, Université de Genève, Genève.

- BROUSSEAU, G. (2008, juillet). *Notes on the observation of classroom practices*. Communication présentée au Quaderni di Ricerca in Didattica (Matematica), Palerme, Italie.
- CHARAUDEAU, P. (2004, 26-28 mai). *Comment le langage se noue à l'action dans un modèle socio-communicationnel du discours. De l'action au pouvoir*. Communication présentée au 9^e colloque de Pragmatique de Genève et colloque Charles Bally, Université de Genève, Genève.
- DONG, A. (2007). The enactment of design through language. *Design Studies*, 28(1), 5-21. doi:10.1016/j.destud.2006.07.001.
- FARSI, S., ELMS PASTEL, B. et TORTOCHOT, E. (2017). The Design Cognitive Process Using Digital Instruments: an Enlightening Design Activity of Secondary School Pupils. Dans G. Pritchard et N. Lambert (Eds.), *LearnXDesign, The Allure of Digital and Beyond* (p. 39-52). London, United Kingdom : Ravensbourne Publications.
- GREGORI, N. et FIXMER, P. (2013). Ce que l'effaçage dit de la trace. *Intellectica*, 1(59), 243-265.
- GRICE, H. P. (1979). Logique et conversation. *Communications*, 30, 57-72. doi:10.3406/comm.1979.1446.
- JONNAERT, P. et VANDER BORGHT, C. (1999). *Créer des conditions d'apprentissage. Un cadre de référence socioconstructiviste pour une formation didactique des enseignants*. Bruxelles : De Boeck.
- LEBAHAR, J.-C. (2007). *La conception en design industriel et en architecture. Désir, pertinence, coopération et cognition*. Paris : Lavoisier.
- LEBAHAR, J.-C. (dir.). (2008). *L'enseignement du design industriel*. Paris : Lavoisier.
- MOINEAU, C. (2011). *Incidence de la présence d'un partenaire industriel dans une situation didactique de conception. Analyse de l'activité de conception d'étudiants en design industriel dans le cadre de situations didactiques de conception intégrant une entreprise industrielle*. Mémoire de master inédit. Université de Provence Aix-Marseille 1, Aix-en-Provence.
- MOINEAU, C. (2016). *Didactique professionnelle du design. Situations d'apprentissage, activités de conception et représentations : le cas de l'alternance*. Thèse de doctorat inédite. Université Aix-Marseille, Marseille.
- NEWCOMB, M. (2012). Sustainability as a Design Principle for Composition: Situational Creativity as a Habit of Mind. *College Composition and Communication*, 63(4), 593-615.
- OCHANINE, D. (2016). Rôle de l'image opérative dans la saisie du contenu informationnel des signaux. *Pistes, Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 18(1), 2-11. Repéré à <http://pistes.revues.org/4660>.
- PASTRÉ, P., MAYEN, P. et VERGNAUD, G. (2006). La didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, 154, 145-198. doi:10.4000/rfp.157.
- PRIETO, L. J. (1975). *Pertinence et pratique. Essai de sémiologie*. Paris : Éditions de Minuit.
- SCHÖN, D. A. (2015). Learning to design and designing to learn. *Nordic Journal of Architectural Research*, 6(1), 55-70.
- TODOROV, T. (dir.). (1981). *Mikhaïl Bakhtine, le principe dialogique*. Paris : Éditions du Seuil.
- TORTOCHOT, É. (2012). *Pour une didactique de la conception. Les étudiants en design et les formes d'énonciation de la conception*. Thèse de doctorat inédite. Université Aix-Marseille, Marseille.
- TORTOCHOT, É. (2013, décembre). *Design and statement: the understanding of sustainability in design learning*. Communication présentée au colloque PATT 27, Christchurch, New Zealand.
- VERMERSCH, P., MARTINEZ, C., MARTY, C., MAUREL, M. et FAINGOLD, N. (2003). Étude de l'effet des relances en situation d'entretien. *Expliciter, le journal de l'association GREX Groupe de recherche sur l'explicitation*, 49, 1-30.
- VOLOCHINOV, V. N. (1981). La structure de l'énoncé. Dans T. Todorov (dir.), *Mikhaïl Bakhtine, le principe dialogique* (p. 287-316). Paris : Éditions du Seuil.
- VGOTSKI, L. S. (2003). *Conscience, inconscient, émotions*. Paris : La Dispute.

Chapitre 5

Daniel Martin
et Anne Clerc-Georgy

Concevoir en activités créatrices
manuelles : un levier pour générer
des gains développementaux
et des habiletés métacognitives
chez les élèves ?

Concevoir en activités créatrices manuelles : un levier pour générer des gains développementaux et des habiletés métacognitives chez les élèves ?

Daniel Martin et Anne Clerc-Georgy

INTRODUCTION

Dans le cadre de la formation à l'enseignement délivrée au sein de la Haute École Pédagogique du canton de Vaud et destinée aux futurs enseignants des degrés préscolaire et primaire, un module de trois crédits ECTS est proposé aux étudiants portant sur la gestion de situations complexes en arts visuels et en activités créatrices et techniques. Par le biais de situations professionnelles, ce module aborde la variété des élèves, des démarches techniques ou artistiques, des objets d'apprentissage, des démarches didactiques, des thématiques possibles en se focalisant sur la mise en place d'activités de conception émanant des élèves dans une démarche artistique ou technologique. Du point de vue du futur enseignant, il se centre sur la préparation et la mise en œuvre de planifications de séquences d'enseignement favorisant le travail de conception des élèves en s'appuyant sur des stratégies d'enseignement réputées efficaces.

Dans ce chapitre, nous questionnerons ce dispositif et la manière dont les étudiants se l'approprient à travers les tâches et les interventions qu'ils mettent en œuvre dans leur classe. Nous nous intéresserons plus particulièrement à la nature du guidage des processus de pensée des élèves mis en œuvre par les étudiants ainsi qu'aux capacités de ces derniers à générer des gains développementaux et à développer la métacognition des élèves. Enfin en regard de notre analyse, nous ferons quelques suggestions pour améliorer le dispositif tant au niveau du développement professionnel des futurs enseignants qu'à celui du développement des élèves et de leur

capacité à prendre en charge le pilotage de leur propre pensée. Pour ce faire, nous mobiliserons deux cadres théoriques, celui de la métacognition et celui de l'approche historico-culturelle.

CADRE THÉORIQUE

Nous présenterons ci-dessous les deux approches théoriques retenues pour notre analyse : la métacognition et l'approche historico-culturelle.

La métacognition

Parmi les différentes approches de la métacognition, nous avons retenu la synthèse proposée par Efklides (2008). Elle reprend et développe le modèle de Flavell (1976, 1985) et considère que la métacognition a trois facettes fortement articulées entre elles : les connaissances métacognitives, les expériences métacognitives et les habiletés métacognitives.

Les connaissances métacognitives traitent de la nature et des contraintes de la connaissance, de la vérité et de la validité de ces connaissances ainsi que des moyens et des méthodes mis en œuvre pour les acquérir. Elles s'enrichissent et se différencient en intégrant des informations issues du pilotage conscient de la pensée, notamment par le biais de 1) l'observation de ses actions par le sujet ou de celles d'autrui ainsi que de leurs résultats, 2) la prise de conscience de ses expériences métacognitives et 3) la communication et des interactions avec les autres. Sur ce plan, le langage joue un rôle central, car il permet, en particulier, 1) de communiquer aux autres ses contenus de conscience, 2) de faire des liens entre ces mêmes contenus et les actions du sujet ainsi que leurs résultats, 3) d'analyser et de comparer ses connaissances métacognitives avec celles d'autres personnes et 4) de construire des modèles sur la cognition et la connaissance (EFKLIDES, 2008 ; MARTIN *et al.*, 2001, 2010).

Les expériences métacognitives sont les éléments qu'une personne ressent et dont elle a conscience lorsqu'elle est confrontée à une tâche. Elles prennent la forme d'émotions métacognitives (sentiments de familiarité, de confiance, de difficulté, etc.), de jugements métacognitifs (sur l'apprentissage effectué ou en cours, à propos de l'estimation de la quantité d'effort fournie ou à fournir, du degré de correction de la solution trouvée, etc.) et de connaissances à propos des tâches (éléments sur lesquels porter son attention, pensées dont le sujet est conscient et qui ont trait à la tâche, etc.) (EFKLIDES, 2008 ; MARTIN *et al.*, 2010).

Les habiletés métacognitives font référence à l'utilisation délibérée de stratégies dans le but de piloter sa pensée. Elles comprennent notamment les stratégies de planification, de contrôle et de régulation de ses processus cognitifs (MARTIN *et al.*, 2010).

Les expériences métacognitives, les connaissances métacognitives et les habiletés métacognitives sont trois facettes articulées, mais clairement distinctes de la métacognition. Chacune d'entre elles remplit une fonction spécifique dans le processus de pilotage de la pensée. Les expériences métacognitives et les connaissances métacognitives sont impliquées dans la fonction de « monitoring », de surveillance du pilotage de la pensée. Par le biais de cette fonction, ces deux facettes informent, nourrissent la conscience de soi et la conscience de la cognition du sujet alors que les habiletés métacognitives sont impliquées dans l'utilisation de stratégies pour contrôler le fonctionnement de la cognition (EFKLIDES, 2008).

Enfin, cette auteure estime, tout comme Flavell (1985) ou Schraw (SCHRAW et MOSHMAN, 1995 ; SCHRAW, 1998), qu'en cas de difficulté ou d'échec ainsi que face à des tâches nouvelles et exigeantes, le lien entre métacognition et conscience est nécessaire. En revanche, dans des situations courantes, routinières où le pilotage métacognitif de la pensée est automatisé, l'idée selon laquelle le fonctionnement métacognitif ne peut être que conscient n'est pas défendable.

Dans le travail d'analyse des potentialités du dispositif de formation dont il est question ici, le concept de métacognition a été mobilisé pour analyser les vidéos produites par les stagiaires dans le cadre du dispositif. Ces analyses ont été complétées par des éléments tirés des dossiers de certification rédigés par ces derniers (cf. *infra*).

L'approche historico-culturelle

L'approche historico-culturelle, telle que développée par Vygotsky (1934/1985) repose sur deux thèses centrales. La première est que la genèse de la conscience et du psychisme humain est de nature sociale et qu'elle se réalise au cours d'activités menées avec autrui. La seconde est que cette genèse sociale passe par la médiation d'outils ou d'instruments, extérieurs au sujet et construits par les générations précédentes. Ces outils sont donc aussi de nature sociale. Lorsqu'ils font l'objet d'une appropriation, cette intériorisation est potentiellement génératrice de développement.

L'activité humaine n'est pas une simple adaptation au milieu, mais une transformation de celui-ci. En cherchant à améliorer cette capacité à transformer son milieu, l'homme construit des outils qu'il « interpose entre lui et l'objet de son travail, comme conducteurs de son action [...]

[convertissant] ainsi des choses extérieures en organes de sa propre activité » (MARX, 1867/1976, cité par ROCHEX, 1997). Ainsi, les membres d'une société, au cours de leur histoire, inventent, produisent, construisent des outils pour augmenter leur capacité d'action sur leur environnement. Vygotsky élargit cette thèse aux outils sémiotiques (le langage, l'écriture, le système décimal...), c'est-à-dire à l'usage de signes comme outils d'organisation et de contrôle de ses comportements ainsi que ceux d'autrui. À l'image de l'outil matériel, intermédiaire entre l'homme et son milieu physique, l'homme a développé des outils pour augmenter sa capacité d'action sur lui-même et sur autrui.

Les outils sémiotiques sont des constructions sociales, élaborées et transmises socialement. Ils portent en eux les traces de l'intentionnalité de l'activité humaine qui les a produites. Les acquis des générations précédentes sont fixés dans ces productions et deviennent des médiateurs du développement des générations suivantes (VYGOTSKY, 1934/1985). C'est en s'appropriant ce monde de la culture que le petit d'homme reconstruit en lui-même ces capacités initialement excentrées. L'appropriation de l'usage de ces outils va transformer le fonctionnement psychique, permettre le développement des fonctions psychiques vers un usage plus conscient et volontaire de celles-ci (par exemple, la façon de penser l'espace va se transformer après l'appropriation de l'usage des plans). En se les appropriant, l'enfant intériorise les propriétés des activités qui ont conduit à leur construction. Cette intériorisation des structures et des significations sociales va transformer le psychisme hérité et donner naissance à la pensée consciente (BULEA, BOTA et BRONCKART, 2006). En s'appropriant les œuvres culturelles, l'être humain développe ses fonctions psychiques supérieures (Vygotsky, 1928-1931/2014). Cependant, cette appropriation ne peut se faire qu'avec l'aide d'un autrui qui maîtrise déjà l'usage de cet outil et qui guide celui qui apprend.

Dans cette perspective, l'apprentissage est l'appropriation des outils et de leur usage et le développement est la restructuration continue des capacités et des processus naturels. C'est par l'usage partagé avec un autrui plus expert que l'enfant va progressivement pouvoir en faire usage de manière autonome. Ainsi, enseigner, c'est proposer un guidage des processus à mettre en œuvre dans la réalisation d'une tâche et c'est favoriser l'apprentissage par la collaboration avec l'expert. Ce guidage vise l'autonomisation progressive de l'élève, c'est-à-dire l'usage par l'élève des processus cognitifs, affectifs ou métacognitifs, qu'il a mis en œuvre préalablement en interaction avec l'enseignant. Il s'agit de « faire avec » les

élèves, de mettre en œuvre ces modes de pensée ensemble. À terme, le but est l'appropriation de ces modes de pensée et la possibilité pour l'élève de « faire seul ».

En ce qui concerne les premiers degrés de la scolarité (4 à 8 ans), un certain nombre d'apprentissages fondamentaux¹ ou fondateurs de l'apprentissage scolaire devraient être proposés aux élèves (CLERC-GEORGY et KAPPELER, 2017). Dans la perspective historico-culturelle, on parlera de gains développementaux (apparition de nouvelles capacités affectives, cognitives et métacognitives) propres à cette tranche d'âge. Ainsi, les élèves vont devoir, par exemple, transformer leur rapport au temps (CLERC-GEORGY, 2016), apprendre à « penser » au-delà de leur perception immédiate, à ce qui n'est pas encore. C'est la naissance de l'imagination et de la capacité à agir par la pensée. Ces capacités vont leur permettre de planifier leurs actions, de se projeter dans ce qui est à venir. Les élèves vont aussi transformer leur rapport à la réalité, se libérer des contraintes du réel, faire advenir ce qui n'est pas, se décentrer cognitivement. Enfin, c'est aussi à cet âge que l'enfant apprend à faire usage de symboles pour exprimer des sons, des quantités, des actions. Nous faisons l'hypothèse que le dispositif d'enseignement mis en œuvre par les enseignantes de notre échantillon est particulièrement propice à ces développements.

Dans le cadre du dispositif de conception dont il est question ici, le concept de guidage nous servira à identifier les processus de pensée (cognitifs, affectifs, métacognitifs) pris en charge par l'enseignant comme soutien à l'apprentissage, ceux qui sont rendus visibles pour les élèves et ceux qui sont favorisés par ses interventions. Les gains développementaux, et plus particulièrement le développement des capacités d'anticipation, seront identifiés comme potentiellement guidés dans les mises en œuvre des stagiaires.

PRÉSENTATION DU DISPOSITIF ANALYSÉ

L'évolution de l'enseignement des activités créatrices manuelles a conduit la didactique concernée à ne plus viser la seule acquisition de la précision et de l'habileté au profit d'un accent mis sur l'activité de conception dans la réalisation d'un objet. Dans cette perspective, l'activité de conception par les élèves devient l'activité fondamentale du trio

1. Par apprentissages fondamentaux, nous entendons les apprentissages fondateurs d'une scolarité réussie : les outils de la pensée (cognitifs, affectifs et métacognitifs) requis par l'école, le développement d'un rapport au savoir propice à l'entrée dans les disciplines scolaires (au travers de l'usage des savoirs), les règles de l'apprendre ensemble selon un rythme, un programme et des modalités imposés.

« Conception – Réalisation – Socialisation » (DIDIER et LEUBA, 2011). Le processus de conception consiste à identifier et analyser un problème ou à imaginer un objet à produire ou encore à inventer une forme différente pour un objet donné. Après avoir proposé plusieurs idées, les élèves devront sélectionner une idée et la confronter aux besoins et aux contraintes de l'objet. Associé à cette démarche, le cahier des charges est considéré comme l'outil stratégique pour l'enseignant comme pour les élèves (DIDIER et LEUBA, 2011).

Le dispositif de formation mis en œuvre dans le cadre de la didactique des activités créatrices manuelles prévoit que chaque étudiant mette en œuvre dans sa classe de stage une séquence d'enseignement-apprentissage centrée sur la conception d'un objet. Dans les situations retenues ici, dans la classe d'Aline², les élèves ont conçu un pendentif, dans celle de Marianne une fleur avec un mot caché, dans celle de Fernand un parachute, dans celle de Pierrette un arbre du futur. À chaque fois, ce travail de conception s'est fait via la production d'un cahier des charges visant la projection d'un objet et la planification de sa réalisation. Dans une perspective historico-culturelle, on peut considérer l'usage du cahier des charges comme un outil de la pensée (mode de questionnement à mener pour concevoir un objet avant de le réaliser) que les élèves doivent s'appropriier.

De plus, chaque étudiant a produit un dossier structuré en quatre points. Tout d'abord, il s'agit de présenter ce que l'étudiant met en œuvre pour que les élèves s'approprient la position de concepteur tant dans les tâches inscrites dans les séquences d'enseignement que dans le processus de guidage mis en œuvre au cours de leur réalisation avec les élèves. Par ailleurs, la planification de l'enseignement doit être explicitée et l'inscription des tâches prescrites doit y être précisée. Ensuite, la manière dont les consignes liées aux tâches de conception sont données aux élèves doit être décrite et analysée. Enfin, les savoirs mobilisés à travers les tâches de conception doivent être identifiés et le degré de cohérence entre la planification de l'enseignement et l'enseignement effectivement délivré doit être analysé en s'appuyant sur une vidéo montrant quatre moments d'enseignement censés illustrer les quatre points évoqués ci-dessus.

2. Les prénoms utilisés dans ce chapitre sont fictifs.

MÉTHODOLOGIE

Ce travail est une étude de cas reposant essentiellement sur l'analyse des quatre vidéos réalisées par les stagiaires en regard des différents temps requis par la démarche. Cette analyse a été parfois complétée par des éléments tirés des quatre dossiers de formations produits dans le cadre du module par les étudiants.

L'analyse porte sur quatre dimensions : le guidage de l'appropriation des outils visés, la métacognition, les stratégies d'anticipation et l'usage du collectif-classe. Pour mener à bien cette étude, nous avons repéré et analysé dans les vidéos les différentes interventions des stagiaires en regard des quatre dimensions évoquées ci-dessus. En ce qui concerne les dossiers, nous avons identifié les éléments relevant du guidage de la conception et de la réalisation de l'objet et de ceux relevant des dimensions métacognitives. Il s'agit ici de noter quand les stagiaires font référence à des éléments de ce type, les commentent ou encore les analysent.

RÉSULTATS

Analyse des vidéos et des dossiers de certification

L'analyse des interventions des quatre stagiaires ainsi que de leur dossier nous permet de relever les pratiques et les difficultés suivantes :

Du point de vue du guidage de l'appropriation des outils visés

On peut observer la difficulté des stagiaires à guider les élèves dans les modes de pensée à mettre en œuvre et plus particulièrement ici dans l'apprentissage à établir un cahier des charges. Une seule stagiaire, Aline, « fait avec » ses élèves et les guide dans ce travail. Elle remplit un premier cahier des charges avec les élèves. Elle prend en charge le questionnaire à mener pour l'établir et permet aux élèves d'y répondre. Plus précisément, elle les guide dans l'analyse d'un objet déjà construit : « Comment cet objet a-t-il été fait ? Qu'est-ce qui lui permet de tenir en équilibre ? Comment a-t-on rassemblé les matériaux ? » Elle reformule ce que disent les élèves et fait un usage rigoureux du vocabulaire disciplinaire (objet, matériel, croquis, étapes...). Elle refait l'exercice une deuxième fois à propos de l'objet à créer et établit la grande partie du cahier des charges avec eux. Elle les questionne et rend visibles les questions matérielles, les processus

ou techniques de construction et les raisons des choix à faire. Cependant, il faut relever que le dossier de certification produit par cette étudiante ne met pas explicitement en exergue les aspects évoqués ci-dessus.

Les autres stagiaires donnent des consignes aux élèves centrées sur ce qui est à faire sans leur proposer de modèle de la réflexion à mener. Marianne donne une consigne qui dure six minutes sans qu'aucun mode de pensée ne soit évoqué. Elle renvoie la responsabilité aux élèves. Si Fernand commence à établir le cahier des charges avec les élèves et Pierrette décrit rapidement les questions à se poser, ils ne guident pas réellement les élèves dans les modes de pensée à mettre en œuvre. Cependant, il est intéressant d'observer qu'ils font usage de métaphores de métiers pour aider les élèves à se projeter dans la tâche de conception (inventeur, architecte, ingénieur, espion). Ces références peuvent potentiellement jouer le rôle de guide des modes de pensée pour autant que les élèves aient eu l'occasion de les identifier et de les travailler dans d'autres situations. L'analyse des données à disposition ne nous permet pas de le vérifier.

Du point de vue plus général de l'étayage proposé par les enseignants, à part la première qui guide les élèves dans l'appropriation du questionnaire à mener pour établir un cahier des charges, seules des interventions à visée d'encouragement affectif sont observées : « Waoww », « Super », « Je suis sûr que tu peux le faire »...

Du point de vue de la métacognition

Aucun questionnement métacognitif n'est observé tant dans les vidéos que dans les dossiers de certification. Les questions d'explicitation autour des productions d'élèves portent sur le quoi : « Qu'est-ce que tu vas faire ? ou as fait ? » Les élèves racontent alors sans être interrompus ou questionnés. Encore une fois, seule Aline profite de ces moments d'interaction avec un élève à la fois pour reformuler ce que lui dit l'élève ou pour le questionner sur les processus et les techniques qu'il va mettre en œuvre. À cette exception près, il n'y a jamais de question sur le « comment » et encore moins sur le contrôle des processus de pensée. Chez Aline, les questions sur le « comment » sont plus nombreuses bien qu'elles ne soient pas réellement métacognitives : « Comment vas-tu faire pour que les perles tiennent ? Comment vas-tu faire pour rassembler les différentes branches, pour que ça devienne un arbre ? »

Par ailleurs, un moment qui semblerait particulièrement propice au questionnement métacognitif, l'observation de l'objet terminé, n'est pas utilisé pour revenir sur les processus ou les techniques qui ont permis ou pas de produire l'objet visé. Les rares extraits de vidéo situés à la fin

du processus de conception montrent que ce moment n'est pas considéré comme une occasion de revenir sur les processus mis en œuvre, mais seulement un moment de valorisation du travail.

Enfin, dans tous les dossiers de certification, il est frappant de noter qu'aucun commentaire n'est fait sur la dimension métacognitive.

Du point de vue des stratégies d'anticipation

Chez trois des quatre enseignants, l'anticipation du travail de conception porte essentiellement sur l'objet à produire ou sur le matériel nécessaire. Sur leurs cahiers des charges, les élèves dessinent ou décrivent l'objet à construire et listent parfois le matériel à utiliser. Ce travail d'anticipation n'est visiblement travaillé que dans la classe d'Aline. Elle guide les élèves pour qu'ils proposent non seulement un croquis de l'objet à réaliser, mais aussi identifient les étapes qui les mèneront à la réalisation de l'objet. Ce travail est mené d'abord collectivement, puis individuellement. De plus, lorsqu'elle interroge un élève pour lui demander de décrire ces étapes, elle le questionne plus précisément sur ses choix et lui demande de justifier les techniques retenues. Il est intéressant de relever que dans cette classe, les élèves plus que dans les autres classes font souvent usage de marqueurs temporels dans leurs explications, ce qui est un indicateur de leur capacité à organiser les actions par la pensée.

Du point de vue de l'usage du collectif-classe

Trois des quatre enseignants n'interagissent jamais avec le collectif. Lors des consignes, bien que données à tous les élèves en même temps, ils ne tirent pas parti du groupe et semblent s'adresser à chaque élève individuellement. Lors de la présentation des prototypes, Fernand interagit avec l'élève qui teste son parachute sans renvoyer de questions aux autres élèves qui observent. Il est intéressant de relever que seule Aline, l'enseignante qui guide les élèves dans l'appropriation des modes de pensée à mettre en œuvre pour établir un cahier des charges, utilise le collectif comme levier de cet apprentissage. Ce travail en groupe lui permet de rendre visibles les questions à se poser ainsi que la multiplicité des réponses possibles. Ceci lui permet aussi de mutualiser les idées des élèves et de leur donner des pistes pour le travail individuel. Dans son dossier de certification, il apparaît que ce travail en collectif est mené uniquement dans la phase où il s'agit d'analyser comment un objet produit par l'étudiante a été réalisé, d'en dégager les différentes étapes de production. Dans ce même dossier, la phase de conception proprement dite est réalisée individuellement.

Les conceptions sous-jacentes aux pratiques des stagiaires

L'analyse des vidéos et plus particulièrement des opportunités saisies ou pas par les stagiaires laisse apparaître deux conceptions de l'apprentissage différentes. Marianne, Pierrette et Fernand renvoient systématiquement la responsabilité aux élèves de « deviner » ce qui est à faire. Ceci est encore plus fort quand il s'agit des dimensions créatives du dispositif. Ces enseignants ne donnent ni idées, ni exemples, ni modèles aux élèves. Chacun insiste pour que les élèves trouvent leur propre idée. Le fonctionnement d'Aline est différent. Elle établit les cahiers des charges avec les élèves. La première fois, elle les questionne collectivement et fait émerger par le groupe l'ensemble des éléments qui devront figurer dans leur propre cahier des charges. Dans un deuxième temps, ils le font seuls. Dans la deuxième partie de la séquence, elle établit encore une fois une bonne partie du cahier des charges avec les élèves et les laisse proposer seuls un croquis et les différentes étapes de la production. Pour les aider à démarrer, elle leur donne en guise d'exemple les premières étapes de la production de l'arbre : « Par exemple, en 1, je dois chercher un caillou ; en 2... » Elle permet aux élèves de s'approprier l'outil cahier des charges. De plus, du point de vue de la dimension créative de la démarche, elle propose un exemple tout en expliquant : « Moi, j'ai fait mon pendentif de cette façon là, parce que j'avais envie qu'il soit comme ça. Après ce sera à vous de trouver comment sera votre pendentif. »

On peut faire l'hypothèse que les trois premiers stagiaires ont construit une doxa courante dans l'enseignement (CRINON, MARIN et BAUTIER, 2008) et observée fréquemment chez les étudiants de la HEP (CLERC-GEORGY, 2014). Cette croyance est que « les connaissances viennent des élèves ». Ainsi, pour ces enseignants, dans une séance réussie, ce sont les élèves qui amènent ou découvrent le savoir. Le rôle de l'enseignant se résume souvent à la validation des bonnes réponses. Or, nous avons justement relevé que les interventions de Marianne, Pierrette et Fernand se limitaient à donner des consignes et à valider leurs réponses ou à encourager les élèves : « Waowww », « Super », « Bravo ».

Une autre conception qui ressort des analyses est que les stagiaires, à part Aline encore une fois, semblent considérer que les activités créatrices manuelles sont des activités individuelles. Ceci les conduit probablement à ne pas faire usage du collectif pour réfléchir ensemble, s'approprier le questionnement à mettre en œuvre, trouver des idées, analyser les processus à mettre en œuvre ou mis en œuvre en regard des produits réalisés... Cette conception vient alors s'ajouter à la précédente et explique peut-être pourquoi ces futurs enseignants semblent craindre de proposer

des idées, de laisser les élèves échanger leurs idées ou encore de s'inspirer du travail des autres élèves. À ce sujet, l'exemple de Fernand est parlant. Il demande aux élèves de ne pas devenir des espions et de trouver seuls une façon de construire un parachute.

QUELQUES PISTES POUR AMÉLIORER LE DISPOSITIF ET SA MISE EN ŒUVRE

Sur la base des analyses présentées ci-dessus, nous proposons quatre pistes pour améliorer le dispositif. Une première piste consiste à interroger les conceptions de l'enseignement, de l'apprentissage, de la créativité et de la conception en tant que processus de pensée véhiculé tant par les personnes qui ont initié le dispositif que par les stagiaires. Ainsi, dans la perspective défendue dans ce chapitre, la nature du guidage mis en œuvre par le futur enseignant ainsi que les interventions métacognitives visant à développer la capacité des élèves à prendre en charge progressivement le pilotage de leur pensée dans la réalisation d'une tâche jouent un rôle essentiel dans l'autonomisation des élèves et leur capacité à s'autoréguler en situation de résolution de problèmes. La faible intensité du guidage, à part chez Aline qui met en œuvre plusieurs fois des modélisations collectives, ainsi que l'absence d'interventions métacognitives de la part des stagiaires semblent indiquer une difficulté engendrée par le dispositif et sur laquelle il faudrait travailler. Celui-ci pourrait être enrichi sur ces deux aspects, notamment en sollicitant et en formant les stagiaires à plus et mieux guider les élèves dans la conception et la réalisation d'un objet. Il s'agirait en particulier de pousser les stagiaires à questionner métacognitivement les élèves afin qu'ils développent leurs capacités à planifier, contrôler et réguler leurs actions. Nous avons montré (CLERC-GEORGY et MARTIN, 2017) que les étudiants ne parvenaient à poser des questions métacognitives que quand celles-ci avaient été planifiées à l'avance. Elles ne font pas encore partie de leurs automatismes, de leur répertoire de gestes professionnels et nécessitent d'être anticipées. Dans le même ordre d'idée, une réflexion pourrait être menée concernant ce qu'est la créativité et sur comment l'enseignement peut favoriser son développement.

Une deuxième piste, liée à la précédente, mais plus spécifique, concerne l'outil « cahier des charges ». Une des faiblesses du dispositif réside, nous semble-t-il, dans le fait qu'il laisse entendre qu'il suffirait de présenter aux élèves ce qu'est un tel cahier des charges pour qu'ils se l'approprient et en fassent un usage pertinent. Nos analyses montrent que là aussi les stagiaires sont en difficulté. Ici encore, un guidage et un travail métacognitif en profondeur pourraient être menés avec les élèves non seulement sur les

caractéristiques d'un tel outil, mais aussi et surtout sur les démarches de pensée à mettre en œuvre pour l'élaborer, le mettre en œuvre, contrôler sa pertinence et, le cas échéant, le modifier. Une façon d'aider les stagiaires sur ce point consisterait à réaliser avec eux une analyse des modes de pensée et du questionnement à mener dans l'élaboration d'un cahier des charges afin de leur permettre de rendre visible ce questionnement et d'en guider l'appropriation par les élèves. À ce sujet, Aline semble avoir saisi tout ou partie de ces modes de pensée.

Une troisième piste pourrait être de travailler sur les conceptions de l'enseignement-apprentissage et sur celles à propos de la créativité portées par les stagiaires pour leur permettre d'identifier ce qui les conduit à mener les séquences d'une façon ou d'une autre. Qu'est-ce qui les empêche de guider les élèves ou de leur proposer des idées ? Qu'est-ce qui les retient de permettre aux élèves d'échanger des idées ? Ce travail sur les conceptions des stagiaires devrait alors s'articuler aux pratiques mises en œuvre.

Une quatrième et dernière piste consiste à soutenir l'appropriation des gestes professionnels des stagiaires et l'analyse de leurs pratiques dans des situations particulièrement complexes où s'enchevêtrent plusieurs niveaux. En effet, ils interviennent ou pourraient intervenir notamment pour aider les élèves à concevoir leur objet et la démarche à mettre en œuvre pour le réaliser, pour régler des problèmes techniques liés à l'usage du matériel et à la construction de leur objet, pour soutenir les processus de pensée mis en œuvre plus ou moins aisément par les élèves, pour amener les élèves à interagir et à réfléchir ensemble sur les démarches qu'ils mettent en œuvre, pour aider les élèves à évaluer la qualité de leur démarche et de leur objet, etc. Face au foisonnement et à la complexité des interventions possibles, à la difficulté d'orchestrer ces différents aspects de la profession nous faisons l'hypothèse que les stagiaires risquent de se trouver dans une situation de surcharge cognitive (CHANQUOY, TRICOT et SWELLER, 2007). Cela pourrait expliquer la difficulté de certains d'entre eux à intervenir sur les processus de pilotage de la pensée des élèves. Afin de résoudre ce problème, nous suggérons de proposer aux stagiaires au moins deux outils : 1) l'un pour planifier leurs interventions sur la manière de guider et de questionner métacognitivement les élèves dans le processus d'élaboration d'un cahier des charges et de production d'un objet et de susciter des expériences métacognitives chez leurs élèves ; 2) l'autre pour analyser les vidéos qui dirigerait l'attention des stagiaires sur quelques éléments-clés à repérer et à analyser tels que, par exemple, la nature du guidage proposé, l'appui sur les ressources du collectif-classe

pour faire progresser tous les élèves ou encore la nature des expériences métacognitives engendrées durant la démarche et la manière dont elles ont été ou pourraient être exploitées par les stagiaires.

CONCLUSION

La conception pédagogique sous-jacente aux pratiques mises en œuvre par les stagiaires semble considérer que l'analyse des caractéristiques de l'objet à produire, la mise à disposition et l'usage d'un outil de planification de la réalisation de l'objet (le cahier des charges) sont suffisants à la fois pour concevoir et réaliser un objet et pour devenir autonome dans cette conception-réalisation. Cette conception relève probablement à la fois de leurs conceptions de l'apprentissage (*doxa* de la découverte des savoirs par les élèves) et de la créativité (la créativité est une affaire personnelle qui ne devrait pas être influencée par autrui). Cependant, l'absence d'explicitation des modes de pensée ou de proposition de modèles chez la plupart des stagiaires ainsi que l'absence de questionnement métacognitif chez la totalité d'entre eux ne favorisent ni la prise de conscience par les élèves des processus mis en œuvre, ni leur généralisation ou encore leur transfert dans d'autres situations. De plus, l'enfant ne peut imaginer qu'à partir des expériences ou des connaissances dont il dispose (VYGOTSKY, 1932/1987). Or, au cycle 1, ces expériences et ces connaissances ne sont pas encore très nombreuses et la croyance qu'il ne faut pas influencer l'enfant dans sa créativité ou lui proposer des idées est probablement le meilleur moyen pour lui faire construire la croyance qu'il n'a pas de talents !

Ces conceptions semblent faire obstacle aux apprentissages des élèves, car le dispositif d'enseignement-apprentissage des activités créatrices manuelles centrées sur la conception d'un objet semble une modalité particulièrement propice au développement d'un certain nombre d'apprentissages fondamentaux ou proto-disciplinaires comme l'anticipation, la planification, l'évaluation ou la régulation. En effet, la particularité de cette discipline est de laisser une trace concrète du processus de conception-réalisation. Ceci rend possible un travail avec les élèves d'identification des processus de pensée et des techniques visées et mises en œuvre par les élèves en regard du produit. Ainsi, un questionnement métacognitif en aval et en amont de la réalisation de l'objet semble potentiellement facilité par la possible comparaison entre l'objet anticipé et l'objet réalisé.

Enfin, de manière analogue à ce qui a été décrit ci-dessus pour les élèves, la mise à disposition d'outils de planification et d'analyse des pratiques des stagiaires et l'élaboration d'un travail réflexif avec ces derniers sur

les modes de pensée qui doivent être mobilisés pour en faire usage de manière efficiente sont fondamentales pour permettre aux futurs enseignants d'apprendre et de se développer professionnellement.

Références

- BULEA, E., BOTA, C. et BRONCKART, J.-P. (2006). L'épistémologie nébuleuse de l'autoformation, *Education permanente*, 168, 31-57.
- CHANQUOY, L., TRICOT, A. et SWELLER, J. (2007). *La charge cognitive*. Paris : A. Colin.
- CLERC-GEORGY, A. et KAPPELER, G. (2017). Ruptures and continuities between kindergarten and the first years of primary school. *Ερευνα στην Εκπαίδευση (Hellenic Journal of Research in Education)*, 6(2), 110. <http://dx.doi.org/10.12681/hjre.14844>.
- CLERC-GEORGY, A. et MARTIN, D. (2017). Les lesson study : un dispositif pour favoriser l'usage des savoirs théoriques dans l'analyse de la pratique. *Formation et profession*, 25(1), 2033. Repéré à <http://dx.doi.org/10.18162/fp.2017.393>.
- CLERC-GEORGY, A. (2016). L'imagination dans le développement de la créativité et de l'apprentissage. Dans I. Capron Puozzo (dir.), *La créativité en éducation et formation. Perspectives théoriques et pratiques* (p. 79-92). Bruxelles : De Boeck.
- CLERC-GEORGY, A. (2014). Maîtrise de la littératie et processus de formation des futurs enseignants : l'écriture en formation comme levier ou comme obstacle du développement professionnel ? *Forum lecture*, 1, mis en ligne et consulté le 4 mars 2014 : http://www.forumlecture.ch/clerc_georgy_2014_1.cfm.
- CRINON, J., MARIN, B. et BAUTIER, E. (2008). Quelles situations de travail pour quels apprentissages ? Paroles des élèves, paroles de l'enseignant. Dans D. BUCHETON et O. DEZUTTER (dir.), *Le développement des gestes professionnels dans l'enseignement du français*. Bruxelles : De Boeck.
- DIDIER, J. et LEUBA, D. (2011). La conception d'un objet : un acte créatif, *Prismes, revue pédagogique HEP Vaud*, 15, 32-33.
- EFKLIDES, A. (2008). Metacognition. Defining its facets and levels of functioning in relation to self-regulation and co-regulation, *European Psychologist*, 13(4), 277-287.
- FLAVELL, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem-solving. Dans L. B. RESNICK (Ed.), *Perspectives on the development of memory and cognition* (p. 231-235). HILLSDALE, N.J. : Lawrence Erlbaum Associates.
- FLAVELL, J. H. (1985). Développement métacognitif. Dans J. BIDEAUD et M. RICHELLE (dir.), *Psychologie développementale. Problèmes et réalités* (p. 29-41). Bruxelles : Mardaga.
- MARTIN, D., DOUDIN, P.-A. et ALBANESE, O. (2001, 2e éd. revue et augmentée). Vers une psychopédagogie métacognitive. Dans P.A. DOUDIN, D. MARTIN et O. ALBANESE (dir.), *Métacognition et éducation : théorie et pratique* (p. 3-29). Berne : Peter Lang.
- MARTIN, D., LAFORTUNE, L. et SORIN, N. (2010). La compréhension dans une perspective métacognitive : un cadre conceptuel. Dans L. LAFORTUNE, S. FRÉCHETTE, N. SORIN, P.A. DOUDIN et O. ALBANESE (dir.), *Approches affectives, métacognitives et cognitives de la compréhension* (p. 11-32). PUQ, coll. Éducation intervention : Québec.
- ROCHEX, J.-Y. (1997). L'œuvre de Vygotski : fondements pour une psychologie historico-culturelle, *Revue Française de Pédagogie*, 120, 105-147.
- SCHRAW, G. (1998). Promoting general metacognitive awareness, *Instructional Science*, 26, 113-125.

- SCHRAW, G. et MOSHMAN, D. (1995). Metacognitive theories. *Educational Psychology Papers and Publications*. Paper 40. Repéré à <http://digitalcommons.unl.edu/edpsychpapers/40> (accessed 15 march 2012).
- VYGOTSKI (1928-1931/2014). *Histoire du développement des fonctions psychiques supérieures*. Paris : La Dispute.
- VYGOTSKY, L. S. (1932/1987). Imagination and its development in childhood. Dans R. W. RIEBER et A. S. CARTON (Eds.), *The Collected Works of L. S. Vygotsky (vol. 1 : Problems of general psychology* p. 339-349). New York, NY : Plenum Press.
- VYGOTSKI, L. S. (1934/1985). *Pensée et langage*. Paris : La Dispute.

Chapitre 6

Grégory Munoz
et Olivier Villeret

Dialectique activité et
développement dans la
conception de situation-
problème en formation

Dialectique activité et développement dans la conception de situation-problème en formation

Grégory Munoz et Olivier Villeret

INTRODUCTION, PROBLÉMATISATIONS

Si l'on peut apprendre par les situations (PASTRÉ, 2011), vécues ou simulées, en faisant ou en analysant, pendant ou après l'action, il importe de considérer également que l'on apprend en concevant. D'où l'idée de proposer un dispositif de formation basé sur la conception et, plus globalement, conçu comme un objet technique multifonctionnel selon Simondon (1958) (BOIVIN, CHARPENTIER et MUNOZ, 2014) qui mêle ces diverses dimensions en une seule unité structurale. Selon ce point de vue simondien, un objet technique (OT) est appelé à se développer : « Sa spécificité, ce sont les caractères de consistance et de convergence de sa genèse. [...] » L'objet technique est ce qui n'est pas antérieur à son devenir, « mais présent à chaque étape de ce devenir. L'OT est une unité de devenir » (SIMONDON, 1958/1989, p. 20). Pour Simondon (1958/1989, p. 22), « le problème technique est donc plutôt celui de la convergence des fonctions dans une unité structurale que celui d'une recherche de compromis entre des exigences en conflit ». C'est ce caractère de « concrétisation » (SIMONDON, 1958/1989) progressive qui fait d'un dispositif de formation un genre d'objet technique particulier. Les concepteurs cherchent à le rendre plus « concret », c'est-à-dire en mesure de remplir de multiples fonctions en une seule unité structurale. C'est ce que propose en partie le dispositif didactique qui fait l'objet de la présente étude.

Adoptant une visée didactique professionnelle (PASTRÉ, 2011), nous mobilisons deux études de cas pour analyser la place de la conception pour développer la conceptualisation en formation. Dans deux contextes

professionnels différents, nous recourrons au même dispositif didactique visant à initier les acteurs à la problématisation (FABRE, 2011), pour leur proposer de : 1) concevoir une situation-problème ; 2) la mettre en œuvre ; 3) en faire l'analyse, par un retour réflexif à partir d'observations basées sur des traces (vidéo ou audio) d'activités. Ce dispositif didactique constitue une « situation potentielle de développement » (MAYEN, 1999) d'une pédagogie construite-en-acte, constituant respectivement des formes potentielles d'apprentissage avant, pendant et après selon Pastré (2011). Le premier contexte concerne des professeurs d'école de musique. Dans le cadre d'un module intitulé « Parcours de découverte de pratiques pédagogiques éloignées », notre dispositif didactique les oblige à transformer une de leur situation didactique « classique » en situation-problème, puis à en analyser la mise en œuvre. Le second contexte, une école d'application qui reçoit des patients en Institut de formation de podologie, concerne un module d'initiation à la pédagogie dispensé auprès d'étudiants de 2^e année de formation initiale. L'actuel référentiel de formation des podologues, récent quant à sa conception, prévoit un module de pédagogie dédié à leur future activité de tuteur. Un dispositif similaire les invite à concevoir une situation-problème et à la mettre en œuvre auprès de leurs collègues de 3^e année, pour ensuite en faire l'analyse.

Ainsi, notre principal questionnement est le suivant. Quels apprentissages lors du vécu par les apprenants de deux secteurs d'activité – la musique et la podologie – d'un dispositif de formation conçu comme un objet technique (SIMONDON, 1958/1989) plurifonctionnel pour apprendre en concevant, en faisant, mais aussi en analysant, selon le triple point de vue de l'apprentissage avant, pendant et après (PASTRÉ, 2011) ?

Après avoir présenté les théories sur lesquelles est fondé notre dispositif didactique, à savoir selon les perspectives croisées de la didactique professionnelle et de la problématisation (2), nous précisons les contextes au sein desquels nous proposons de le mettre en œuvre (3). Nous indiquons ensuite quelques conceptions de formation réalisées par les participants, ainsi que les apprentissages issus de ces activités de conception ou de mise en œuvre de formation conçues selon des situations-problèmes. Nous nous intéresserons aux éventuels apprentissages émergents lors des activités de retour réflexif basées sur des traces de l'activité de mise en œuvre des situations-problèmes conçues (4). La conclusion fait l'objet de discussions et de propositions d'extensions (5).

CONCEPTUALISATIONS : CADRES THÉORIQUES ET MÉTHODOLOGIQUES

Au sein de cette section, nous abordons respectivement ce sur quoi a été conceptualisé le dispositif, à savoir notre double cadre théorique, et ce sur quoi s'appuie notre méthodologie d'enquête intervenant sur ce dispositif.

Cadres théoriques mobilisés

Les fondements du dispositif de formation multifonctionnel se basent d'une part sur une perspective de didactique professionnelle souhaitée interactionniste (PASTRÉ, 2011 ; VINATIER, 2009, 2013), c'est-à-dire intervenant pour et avec les acteurs, et d'autre part sur le cadre de l'approche de la problématisation. Elles-mêmes se fondent sur les piliers principaux du socioconstructivisme (VYGOTSKI, 1934/1997 ; PIAGET, 1936). Nous présentons ensuite en quoi ces éléments ont permis de fonder les principes de notre dispositif de formation.

Didactique professionnelle : conceptualisation-en-acte

Les fondements de la didactique professionnelle (PASTRÉ, 2011 ; VINATIER, 2013) s'attachent à considérer les éléments issus d'analyses de l'activité pouvant concourir au développement des acteurs qui y participent. La didactique professionnelle s'appuie sur la théorie de la conceptualisation dans l'action de Vergnaud (1996, 2007) qui considère la conceptualisation nichée au sein de l'action, en termes de concepts en acte, c'est-à-dire relevant de la forme opératoire de la connaissance, les schèmes. Il s'agit de la connaissance construite au cours de l'expérience et qui, en plus de la connaissance scientifique et technique, permet d'orienter l'action, en prélevant les invariants opératoires pertinents pour réaliser le diagnostic de la situation professionnelle à maîtriser par le professionnel dans le cadre d'une classe de situations. Issue de l'approche piagétienne, la théorie de Vergnaud (1996, 1999) propose une forme adaptative de l'activité du sujet, en fonction des situations vécues et conceptualisées. C'est pourquoi les tenants de la didactique professionnelle tiennent pour vrai le fait de pouvoir apprendre par les situations, en ce qu'elles recèlent de problèmes à résoudre (PASTRÉ, 2011), mais également en ce qu'elles permettent aussi à l'acteur de disposer de ressources, notamment du fait que toute situation est également sociale et culturelle et peut s'avérer être source potentielle de développement (MAYEN, 1999). Il s'agit de partir des situations de travail réelles pour les analyser et tenter d'accéder aux concepts en acte des acteurs : comment se représentent-ils pour agir sur les objets, les propriétés et les relations ou les phénomènes des situations qu'ils ont à maîtriser ?

En didactique professionnelle, les situations professionnelles sont au centre de l'analyse, alors qu'en didactique des disciplines, ce sont avant tous les savoirs. Même s'il s'agit, par exemple chez Brousseau, de les mettre en scène dans le cadre d'une théorie des situations, au sein desquelles le savoir devient outil pour résoudre le problème posé par la situation proposée par l'enseignant. Dans cette même mouvance, la didactique professionnelle développe une pédagogie des situations (VERGNAUD, 1992, 2008). Elle se conçoit à partir de situations-problèmes ou de situations de travail, notamment en environnements dynamiques, dont la maîtrise nécessite une forme de conceptualisation prompte à une compétence-adaptative, qui nécessite un diagnostic de la situation, plus que d'une simple compétence-exécution, qui pourrait se suffire en appliquant une procédure. D'où le recours par les acteurs à une véritable conceptualisation. « Cette intelligence des situations n'est pas dépourvue de conceptualisation, car on ne peut pas réduire une situation à un enjeu, à des acteurs, à des conditions de lieu et de temps, et au "drame" qui se noue et se dénoue entre ces éléments. Une situation comporte aussi des objets, des propriétés et des relations, que les acteurs devront connaître "en acte" pour réussir leur adaptation » (PASTRÉ, MAYEN et VERGNAUD, 2006, p. 14), notamment en situation-problématique (DURAND et FABRE, 2007).

Les notions d'apprentissage avant, pendant et après chez Pastré (2011) nous sont apparues pertinentes pour fonder notre dispositif. Rappelons que Pastré (1997, p. 90) distingue trois types d'apprentissages :

- L'apprentissage AVANT : il est lié à l'activité d'appropriation des « connaissances opérationnelles » nécessaires pour maîtriser la situation de travail de référence. Il s'agit des connaissances scientifiques et techniques qui sont estimées à connaître en amont de la situation de formation cible.
- L'apprentissage PENDANT : celui-ci est relatif à ce qui se construit par l'exercice de l'activité, en cours d'action, en étant confronté aux situations ; ce que l'on exprime parfois par le terme d'« apprentissage sur le tas » quand cet apprentissage n'est pas formalisé. Pastré parle aussi d'apprentissage-incident, ou qui se construit plus formellement et intentionnellement durant des formations en alternance, que cette alternance relève d'une activité d'imitation ou d'une véritable conceptualisation.
- L'apprentissage APRÈS : il est celui qui est réalisé par l'analyse de l'activité, une fois celle-ci effectuée ; il peut être informel ou formellement organisé, comme c'est le cas lors de *debriefing* institutionnellement conçu pour réaliser des retours d'expérience ou des analyses réflexives (SCHÖN, 1994).

Problématisation

Le cadre de la problématisation s'intéresse aussi aux situations-problèmes, mais en ce qu'elles permettent pour les participants, à de telles situations, de problématiser (Fabre, 1999, 2003, 2009, 2011). Problématiser, c'est avant tout construire le problème. Par exemple, selon Fabre (2006, p. 135), dans le cadre de l'activité d'un enseignant, « on peut décrire l'activité de problématisation comme un complexe de buts, de données et de conditions. Construire un problème, c'est recueillir des données (des documents pour la classe...), concevoir des scénarios pédagogiques possibles et les tester en pensée : les scénarios (les hypothèses) s'accordent-ils aux données ? Sont-ils pertinents, vraisemblables, rationnels ? Cadrent-ils avec ce que je sais déjà ? S'agissant d'une pratique, le contrôle de la problématisation s'effectuera à partir de normes que se donne le sujet (normes psychologiques, pédagogiques, didactiques) et les conditions grâce auxquelles il peut définir les conditions de son problème : le cahier des charges de son projet pédagogique, les critères de son action ». Pour Fabre (2006, p. 134), « toute analyse de pratiques requiert de toute façon un savoir questionner, lequel s'avère différent d'un savoir des réponses : les meilleurs praticiens ne font pas forcément les meilleurs analystes et réciproquement ».

Ainsi, savoir questionner importe tout autant que savoir répondre à une question ou résoudre un problème. De ce point de vue, une part de problématisation se niche dans toute activité de conception, dont une part du travail consiste justement à problématiser. « Le traitement des problèmes s'oppose à l'esprit d'inventaire. Quand l'incendie gronde, il n'est pas question de faire l'état des lieux. La construction du problème est sous-tendue par un projet, celui de sortir ou plutôt de s'en sortir. C'est en fonction de ce projet que le sujet construit les données du problème » (FABRE, 2005, p. 56-57), et identifie la « schématisation fonctionnelle du réel », une forme de conceptualisation. Selon Fabre (2005, p. 64), « Dewey comme Bachelard élaborent une épistémologie du traitement des problèmes adossée à une conception fonctionnelle du savoir ». Fonctionnel pour la problématisation ou opératoire en didactique, le savoir devient moyen pour l'action. « La logique de Dewey nous engage du côté des pédagogies du projet tandis que l'épistémologie de Bachelard nous entraîne plutôt du côté des situations-problèmes et des objectifs-obstacles, visant la construction de concepts nettement spécifiés. D'un côté, on nous demande d'initier à une démarche dont les opérations restent valables quels que soient leurs contenus. De l'autre, on pose que c'est dans des élaborations conceptuelles,

à chaque fois spécifiques, que réside le véritable enjeu du traitement des problèmes » (FABRE, 2005, p. 65). C'est par ailleurs bien vers ce second versant que se situe le point de vue de la didactique, nécessairement spécifique aux contenus à conceptualiser.

Pour le concepteur de situation didactique engendrant des formes de problématisation chez les apprenants auxquels s'adresse son dispositif de formation, il importe que les apprenants puissent être en mesure de problématiser. Dans ce but, il conçoit des situations comportant des inducteurs de problématisation. Fabre et Musquer (2009) définissent les « inducteurs de problématisation » comme « des aides bien spécifiques, susceptibles d'activer les schèmes de l'élève et ceci par rapport aux différentes opérations du processus de problématisation et de leur contenu ». Selon eux, les inducteurs relèvent autant du dispositif (des consignes, des documents, du mode de travail...) conçu en amont par le formateur ou l'enseignant (valeur potentielle de l'inducteur) que des interactions maître/élèves ou élèves/élèves, en cours de situation (valeur réactive de l'inducteur), mais aussi des apprentissages à plus long terme (valeur effective de l'inducteur). Les deux valeurs potentielle et réactive n'augurent pas de la valeur effective des apprentissages. Les inducteurs activeraient le processus de problématisation chez les apprenants, en les aidant à sélectionner et à schématiser les données en fonction des conditions du problème (FABRE et MUSQUER, 2009). D'après Musquer et Fabre (2010, p. 4), le type d'inducteurs le plus prometteur jouerait un « rôle fondamental dans la construction du problème en articulant données et conditions ». Ce type d'inducteurs conduirait plutôt à de l'accommodation chez Piaget (1936/1970), contrairement à une résolution de problème relevant d'une assimilation reproductrice.

Au fondement de notre dispositif de formation

Un point important à préciser est que les acteurs ont été également formés en partie aux éléments théoriques que nous venons de présenter.

Quels ont été les objectifs ainsi que les obstacles épistémologiques (BACHELARD, 1938/1970) pouvant orienter notre dispositif de formation ? Comment permettre aux acteurs de problématiser ? Nous avons pensé que ce serait en leur faisant vivre des situations-problèmes, et en en faisant le retour ensuite, afin qu'ils puissent en comprendre les mécanismes et le fonctionnement. Mais lesquelles et comment ?

Globalement, voici les grandes lignes du dispositif :

La structure du tableau 1 ci-après présente les principales étapes de la formation basées sur les trois apprentissages selon Pastré (1997). Elle reste indicative envers les volumes de temps consacrés et les contenus abordés.

TYPE	Objectif et volume	Contenus et/ou modalités
Apprentissage AVANT	1/ Apports théoriques « Initiation à la pédagogie du problème : Comprendre les systèmes éducatifs et les processus d'apprentissage : pédagogie du problème » Livret avec éléments de cours et textes ressources Environ 4 à 6 heures	Travail sur les classes de situations pédagogiques vécues par les acteurs, en situation professionnelle ou en stage... Vivre une situation-problème ; Initier à quelques bases de la pédagogie à partir du triangle pédagogique d'Houssaye et de ses enjeux, en proposant des questionnements et des débats ; Découvrir quatre principaux courants pédagogiques (comportementaliste, humaniste, critique et socioconstructiviste) : travail en sous-groupes à partir d'un texte par présentation et débats auprès de tous ; Travail terminologique par contraste : éducation et formation, pédagogie et didactique (dont didactique de la musique, pédagogie de la santé, éducation thérapeutique du patient) ; Initiation à la pédagogie du problème : Fabre (2005, 2006, 2011) ; Travail sur les notions d'accompagnement et de tutorat chez les enseignants, les formateurs et les tuteurs (Paul, Bruner, Kunégl ¹).
Apprentissage AVANT	2/ « Construction d'une situation-problème » En vue de la confection d'une séance de cours selon une situation-problème Consignes, élaboration « situation-problème » Environ 4 à 6 heures	Mise en situation-problème (SP) en sous- groupes : simulation de conception de dispositif de formation. Apports concernant : - Les composants d'un dispositif de formation : publics, contextes, objectifs, etc., - Les phases d'ingénierie de formation (analyse de besoins, objectifs, évaluation, etc.), - Exemples d'un dispositif de formation et d'accompagnement, - Consignes pour la commande (document de consignes), - Accompagnement pour la construction collective d'une situation problème, - Problématisation et prise en compte de la conceptualisation dans la formation.

1. Il s'agit de noms d'auteurs dont les apports sont mobilisés durant l'enseignement.

Apprentissage AVANT et PENDANT	3/ « Construction d'une situation-problème » (suite) Présentation des situations-problèmes conçues en sous-groupes Environ 4 à 6 heures	Présentation des dispositifs construits : dossier collectif ; Présentation en sous-groupes des cinq premières minutes de la formation conçue ; Éléments d'auto-évaluation et d'orientation en vue de son amélioration ; Préparation des SP selon les groupes d'étudiants avec déroulé pédagogique et organisation pratique ; Préparation du dispositif d'observation pour le retour réflexif : confection de grilles d'observation et d'analyse, prévision du recueil de traces pour observation du déroulé du dispositif prévu et des modes de tutorat déployés, avec fiche de déroulé et d'organisation pour chacune des SP ; Préparation du dispositif d'observation.
Apprentissage PENDANT	4/ « Réalisation d'une situation-problème dans la classe » Environ 3 heures/groupe en sous-groupes	Mise en œuvre des situations-problèmes conçues dans la classe ; Observation : observation collective en situation et temps de <i>debriefing</i> à chaud ; Recueil de traces de l'activité ; Retour réflexif sur l'activité : enregistrement audio et vidéo ; Éventuellement observation de la part des formateurs ou non. Avec éventuellement des déplacements selon les contextes.
Apprentissage APRES	5/ « Analyse de l'activité, analyse de pratique et debriefing de situations vécues » Retour réflexif et Bilan d'enseignement : Environ 4 à 6 heures	Travail sur diaporama collectif pour <i>debriefing</i> sur la situation-problème réalisée : - Retour et analyse sur les observations du dispositif, - Présentation orale formelle par groupe à l'aide d'un support type diaporama. Quels ont été les problèmes posés par la mise en œuvre du dispositif ? Bilan de la formation.

Tableau 1. Organisation et contenus du dispositif de formation multifonctionnel.

Commentaires : le dispositif se déploie selon les trois temps de l'apprentissage de Pastré (1997). Nous y ajoutons l'activité de conception, intervenant en quelque sorte pendant l'activité, étant donné que cette activité de conception réalisée en amont de la situation de mise en œuvre de la situation-problème conçue, concerne cependant déjà une situation d'apprentissage pendant, étant donné que l'on choisit de considérer l'activité de conception d'ores et déjà comme une activité potentielle de développement. Durant le temps 3, lié à l'« ACTE II : Construction d'une situation-problème » (suite), il est parfois proposé aux acteurs de simuler par exemple le début de leur séance de formation conçue.

Très globalement, le dispositif se déploie selon quatre actes autour d'une vingtaine d'heures d'enseignement, comportant respectivement :

- Acte I : Initiation à la pédagogie, en général, (MAUBANT, 2004) et à la pédagogie du problème ;
- Acte II : Conception d'une situation-problème ;
- Acte III : Réalisation d'une situation-problème ;
- Acte IV : Conceptualisation : analyse de l'activité des situations-problèmes mise en œuvre.

Des aménagements ou ajustements peuvent être apportés selon les années ou les groupes.

Méthodologie de l'étude de cas : conceptualisation-en-acte

La méthodologie de recueil et d'analyse s'appuie sur les données issues des deux terrains où ont été mis en œuvre le dispositif de formation multifonctionnel étudié.

Données recueillies

Quelles données ont été recueillies ? Nous avons pu recueillir un ensemble relativement hétérogène d'éléments, mais toujours relatif aux situations-problèmes conçues ou présentées :

- Des données documentaires : les documents de formation (livrets de l'étudiant, dossiers de consignes), les documents conçus par les apprenants (dossiers collectifs de fiches modules des situations conçues, diaporamas de retour réflexif) ;
- Des traces prises en compte par les apprenants : vidéos et photos issues du recueil des données par les apprenants lors de leur recueil de traces en vue du retour réflexif ;
- Des traces prises par les chercheurs-formateurs : vidéo de la séance de retour réflexif par exemple.

Catégories d'analyse

Il s'agit de considérer les situations-problèmes vécues et conçues par les acteurs. Dans le cadre de cette présentation, nous présentons des situations-problèmes conçues par les acteurs des deux contextes au sein desquels le dispositif de formation a été proposé, ainsi que des formes d'apprentissage survenues avant, pendant ou après.

CONTEXTUALISATIONS

Il s'agit d'abord de mieux comprendre les deux champs d'activité où notre dispositif alliant recherche et formation a été mis en œuvre. Ensuite, il s'agit de présenter les réponses apportées dans ces deux contextes, à savoir un dispositif multifonctionnel relativement transversal, dont les grands principes ont été d'ores et déjà présentés, mais qui a néanmoins été infléchi quant à certains aspects en fonction des contextes.

Les deux études de cas nous permettent de mieux comprendre quels ont pu être les apprentissages déployés par les apprenants participants aux deux dispositifs de formation.

Enseignement de la musique

La demande dans ce domaine est issue du Pont Supérieur qui forme en formation initiale ou continue les personnes au Diplôme d'État de professeur de Musique notamment. Le dispositif mis en place dans ce secteur est inséré dans une formation, où il est demandé aux acteurs d'observer des « pratiques pédagogiques éloignées », sous-entendues éloignées de leurs pratiques habituelles, en vue de leur permettre d'agrandir leur répertoire en termes de modalités et de contenus pédagogiques. Le dispositif est mis en œuvre par un binôme d'enseignants-chercheurs pour la première fois en 2014.

Formation à la pédagogie en podologie

La demande émanait d'un collègue consultant à qui on a proposé d'intervenir en pédagogie auprès d'étudiants lors d'un changement de référentiel. Le dispositif mis en place dans ce secteur s'est inspiré du dispositif déployé au sein du précédent. Ce dispositif est mis en œuvre depuis trois ans par l'un des deux formateurs-chercheurs intervenant en musique.

Convergences et divergences des deux formations

Convergences

Dans les deux cas, il s'agit d'un dispositif similaire qui consiste en un triple enjeu d'apprentissages avant, pendant et après, réparti comme nous l'avons vu sur quatre étapes : 1) initiation aux concepts en faisant vivre aux apprenants eux-mêmes des situations-problèmes de manière à ce qu'ils puissent en conceptualiser les principes, en vue de... ; 2) la conception

d'une situation-problème, avec l'accompagnement du formateur-chercheur ; 3) la mise en œuvre de la situation-problème auprès de « vrais » publics ; 4) d'un retour réflexif sur la mise en œuvre, à partir de traces d'activité de formation à analyser en plus d'une description du déroulé réel en fonction du conçu.

Globalement, nous parvenons au sein des deux contextes à suivre les étapes en question.

Divergences

La première différence entre les deux dispositifs concerne les publics auxquels ils s'adressent respectivement : des étudiants en musique et leurs collègues en podologie, mais avec la particularité pour ces derniers de former des étudiants d'un niveau supérieur, c'est-à-dire que les étudiants en 2^e année s'adressent à leurs collègues de la promotion précédente, de 3^e année, qui s'avèrent d'ailleurs relativement bienveillants envers les 2^e année, car ils ont eux-mêmes vécu cette mise en œuvre l'année précédente (il semble se jouer une forme de « solidarité inter-promotion » face à une épreuve vécue). Les étudiants en podologie se sentent en grande partie illégitimes pour se poser en posture de formateur. En outre, ils cherchent à bien faire à partir de recettes qu'ils réclament, et copient presque scolairement les modalités et les structures des exemples, tout en restant relativement collés aux consignes de la formation.

Du côté des enseignants de musique, certains montrent qu'ils savent déjà faire et qu'ils n'ont rien de plus à apprendre des formateurs enseignants-chercheurs : soit ils refusent de s'engager dans ce qu'ils considèrent comme d'ores et déjà mis en œuvre au sein de leurs pratiques pédagogiques, déjà conçues selon des situations-problèmes ; soit ils s'avèrent réfractaires à ce type d'approche, estimée bien trop éloignée des pratiques traditionnellement mises en place dans les formations inspirées de celles du Conservatoire, et peu liées à celles qu'ils ont eux-mêmes vécues en tant qu'apprenants. On a l'impression qu'ils ont pu, certes, apprendre la musique, certains avec le solfège et d'autres non, mais que peu ont pu bénéficier d'enseignements relatifs à la pédagogie.

Le dispositif mis en place, en musique, s'adresse à des personnes en formation continue et plutôt en formation initiale en podologie, soit essentiellement à des étudiants de 2^e année, même si des professionnels en reprise d'étude peuvent être parmi eux.

CONCEPTIONS DE FORMATION

Il s'agit ici de considérer comment les groupes d'apprenants ont pu élaborer des situations-problèmes, en présentant quelques situations-problèmes conçues et mises en œuvre, au sein des deux contextes.

Conceptions pour l'enseignement de la musique²

Notons tout d'abord que les acteurs ont été rétifs pour constituer des groupes mêlant des instruments différents. La dévolution de la proposition de production a été difficile, liée probablement à l'extrême hétérogénéité du collectif. Les groupes se sont créés par famille d'instrument, avec des « éléments rapportés » (par affinité instrumentale) pour être complétés. Le projet 1 est proposé par deux pianistes qui souhaitent travailler *a priori* sur l'articulation, les modes de jeu, le phrasé musical. Le projet 2 est venu de trois des saxophonistes autour du quatuor de saxophones. Le projet 3 proposé par les guitaristes désirant travailler sur le timbre de leur instrument (auxquels se sont adjoints trois « copains »). Le projet 4 regroupe des instrumentistes à vent désireux de travailler l'écoute harmonique, avec des instruments mélodiques sur un standard de jazz (*My funny Valentine*).

Exemple du projet 4 : Faire entendre l'harmonie avec des instruments mélodiques

Ce projet a été élaboré par des instrumentistes divers ayant tous un instrument à visée plutôt mélodique (saxophone, flûte...). L'objectif était de voir si une situation-problème permettait de mieux faire entendre l'harmonie avec des instruments mélodiques (identifier la tonalité, connaître les accords, la ligne de basse).

a) Contexte

Il s'agit d'un cours individuel de saxophone en école de musique. Le problème de l'élève, c'est l'interprétation d'un standard de jazz ; l'élève demande à être à l'aise sur le standard *My Funny Valentine* (qu'il veut jouer comme Stan Getz), mais il présente des problèmes pour improviser. Le diagnostic du professeur est que l'élève a besoin de lier la mélodie (ou la phrase improvisée) et l'harmonie.

2. Issu de Villeret & Munoz (2015).

b) Situation-problème : lier mélodie et harmonie

L'élève doit entendre et reconnaître la grille d'accords que produit le professeur en jouant le thème ou en improvisant. L'élève doit identifier la tonalité, reconnaître les accords, ainsi que la spécificité du standard (ligne de basse). L'analyse permet à l'élève de faire des improvisations plus riches harmoniquement.

c) Constat

La situation-problème a présenté une limite : l'élève parfois perd la conscience du cycle rythmique et se retrouve avec des problèmes de rythme ou un manque de musicalité (par un travail trop centré sur l'exercice). Une proposition du groupe est alors de bâtir une nouvelle situation-problème qui conjugue rythme et harmonie, afin d'améliorer l'exercice pour un jeu plus musical. En conclusion, la situation-problème « faire entendre l'harmonie avec un instrument mélodique » est une bonne manière pour « développer l'oreille de l'élève », ce qui devrait l'aider dans ses improvisations.

Conceptions de formation en podologie

Les étudiants n'ont pas le choix quant à la constitution des groupes, liés à des groupes de TD, mais en revanche, ils peuvent choisir le thème travaillé, dont voici divers exemples, depuis trois ans (2014-2016) :

- Prise en charge d'un patient victime d'un malaise lors d'un soin de pédicurie (trois études de cas) ;
- Prise en charge podologique adaptée en fonction de l'âge d'un patient ;
- Prise en charge et mesures à appliquer lors d'une effraction cutanée involontaire sur le patient et/ou sur le praticien ;
- Éléments cliniques concernant les caractéristiques de la chaussure par rapport aux différents sports pratiqués (hockey, escrime, sports nautiques, cyclisme, running, football, basketball).

Exemple : Accessibilité d'une personne à mobilité réduite au sein d'un cabinet médical et/ou paramédical

Les étudiants de ce groupe ont déterminé les enjeux pour les étudiants de 3^e année auxquels leur situation-problème était destinée : travailler sur le raisonnement et son adaptation, informer et apporter les connaissances aux étudiants concernant les différentes lois relatives à l'accessibilité des lieux publics, ainsi que les objectifs pour les 3^e année : être confronté au ressenti et au vécu d'une personne handicapée, penser l'aménagement

d'un cabinet médical (en quoi et pour qui ?), proposer des alternatives ou des solutions dans l'aménagement du cabinet, leur donner l'information de la législation en la matière. L'idée était de proposer une situation-problème issue d'une situation authentique rapportée par l'un des étudiants du groupe de conception de la situation-problème.

Le tableau suivant présente les étapes du déroulé prévu du TD conçu (de 8h30 à 9h30) ainsi que les écarts vis-à-vis de ce qui était prévu :

Étapes du déroulé du TD	De 8h30 à 8h35 : Présentation du thème, de la loi et des sanctions ainsi que du déroulé du TD. De 8h35 à 8h50 : Mise en situation pratique d'un cas clinique. De 8h50 à 9h10 : Débat collectif à partir d'un questionnaire. De 9h10 à 9h25 : Travail sur des plans architecturaux. De 9h25 à 9h30 : Retour sur le travail et distribution d'une fiche-résumé.
Écarts vis-à-vis du TD conçu	- Intervention des tuteurs lors du TD. - Connaissance du sujet par les étudiants de 3 ^e année : rapidité d'exécution et compréhension de leur part, TD innovant pour les étudiants de 3 ^e année.

Tableau 2. Éléments de déroulé du TD conçu.

La situation-problème centrale du TD proposé était liée à un travail autour d'un plan architectural que les étudiants de 3^e année devaient analyser en vue de proposer des aménagements. Les données étaient issues d'un véritable cabinet qui avait bénéficié d'un aménagement. Pour compléter leurs données, les étudiants concepteurs de la situation avaient également réalisé un entretien auprès d'un patient en situation de handicap en lui demandant d'exprimer ses difficultés d'accessibilité au sein des lieux publics de son propre point de vue, afin de le faire ressentir aux étudiants de 3^e année.

La figure suivante donne à voir un des plans travaillés, les cercles indiquant les endroits où il s'agissait de faire des propositions d'aménagement :

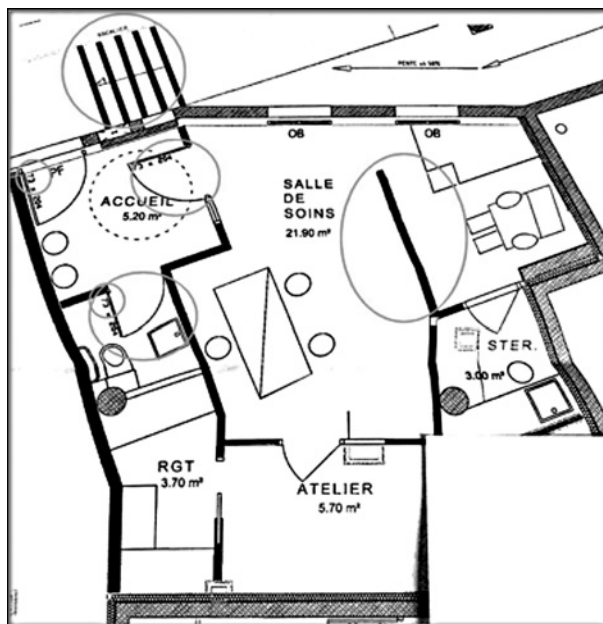


Figure 1 : Exemple d'un plan d'aménagement d'un cabinet de podologie avec éléments aménagés indiqués en ovale (issu des étudiants de podologie de 2^e année 2015-2016).

Quels apprentissages avant et pendant ?

Les processus de conception et de mise en œuvre des dispositifs mis en place semblent avoir permis certains apprentissages.

Les activités de conception de formation proposées aux participants semblent constituer des situations potentielles de développement, en ce qu'elles impliquent grandement les acteurs, même si certains d'entre eux peuvent en amont s'y opposer *a priori*. Paradoxalement, cela a été particulièrement le cas pour un des enseignants de musiques qui s'est avéré totalement réfractaire bien plus que les étudiants de podologie à se prêter à la construction d'une situation-problème en groupe.

Les activités de conception ont la caractéristique principale de permettre de concevoir de la nouveauté, dont le résultat n'est pas prévu en amont. Mais ces activités sont difficiles pour les acteurs, et constituent une épreuve, une forme de construction de problème, avec une part d'inconnu, dont ils sont loin d'avoir tous les éléments, même s'ils bénéficient de l'accompagnement des formateurs enseignants-chercheurs.

En outre, comme il s'agit de concevoir des situations de formation, il n'y a pas de bonne solution dans l'absolu, étant donné que ces situations auront à être mises en œuvre en fonction de publics particuliers, dans des contextes et en temporalités précises, qui constituent autant des contraintes que des ressources potentielles.

Globalement, si les groupes proposent des situations-problèmes pertinentes, en ce qu'elles nécessitent des activités de recherche auprès des apprenants auxquels elles s'adressent, en revanche, ils omettent souvent d'en constituer les fondements. Même si quelques-uns des groupes vont tout de même chercher à considérer comme point de départ et d'arrivée un objectif-obstacle de leur formation.

Quels apprentissages après ?

Il s'agit de présenter la teneur des retours réflexifs établis par les groupes des apprenants participants des deux dispositifs.

Par exemple, examinons les éléments de retour énoncés par les étudiants de podologie ayant proposé la situation-problème liée à l'accessibilité d'un cabinet libéral.

Les apports quant au fonctionnement de la séance	- Rappels sur les lois et les sanctions. - Mise en situation pratique d'un cas clinique. - Questionnaire d'une patiente en fauteuil roulant. - Un plan de cabinet à adapter pour permettre la mise aux normes d'un cabinet médical.
Les limites quant au fonctionnement de la séance	- Durée du TD : trop long, risque d'être rébarbatif. - Disposition des groupes : un groupe de filles et un groupe de garçons.

Tableau 3. Éléments de retour de la part des étudiants sur le TD mis en œuvre.

Les éléments de retour rapportés restent très liés aux compétences et aux connaissances professionnelles escomptées par la formation, mais pas du tout en fonction des apports liés à l'épreuve de la mise en œuvre ni même aux connaissances didactiques ou de problématisation mobilisées pour la conception.

Quelle réflexivité déployée par les acteurs ? Nos principaux résultats montrent que si les apprenants parviennent dans les deux cas à concevoir des situations-problèmes, en revanche, ils ont du mal à concevoir un système d'analyse. Et quand c'est le cas, après moult négociations avec les formateurs-chercheurs, ils ont tendance à le faire pour évaluer plus que pour comprendre.

Les processus d'observation et de prise de retour semblent nécessiter de la part des acteurs plus de ressources... relevant de deux hypothèses de notre point de vue : soit parce que cette activité réflexive est particulièrement difficile ; soit parce qu'elle se situe à la fin du processus du dispositif de formation qui comporte un ensemble assez dense d'activités et de productions du point de vue des apprenants auxquels il s'adresse.

Autre constat, les acteurs concepteurs ont fait peu référence aux connaissances théoriques d'ordre didactique et pédagogique, néanmoins apportées par les enseignants-chercheurs, mobilisées soit dans le cadre de leur conception, soit dans le cadre de leur retour réflexif. Par exemple, peu ont eu recours à la notion d'inducteur de problématisation ou de représentation-obstacle chez leurs élèves, même s'ils ont pu pourtant les mobiliser de façon implicite dans le choix de leur situation-problème. Un seul groupe, en podologie sur environ une douzaine depuis trois ans, a mobilisé des catégories liées aux fonctions tutorales de Bruner (1983), présentées au sein du dispositif de formation, pour analyser leurs formes d'activités tutorales lors de la mise en œuvre de leur TD. C'est pourquoi on peut avancer l'idée que si les participants du dispositif ont pu mettre en œuvre et apprendre des situations en faisant, on peut toutefois largement se questionner sur la prise de conscience des concepts et des méthodes didactiques et pédagogiques qu'ils ont pu mobiliser pour concevoir ou analyser leur expérimentation d'une situation-problème.

CONCLUSION-DISCUSSION

Discussion

Questionnons dès lors le rapport entre conception et formation, notamment au sein de la dialectique activité-développement proposée par Rabardel et Pastré (2005). Leur ouvrage est centré sur un « sujet capable » qui agit, transforme le réel et se transforme lui-même dans un processus de développement. Dans le cadre de cet ouvrage, la conception est considérée comme « distribuée entre les concepteurs et les utilisateurs » d'une part, et entre les temps et les espaces de la conception institutionnelle et ceux des usages, y compris informels, d'autre part. C'est ce que nous tentons d'initier au sein du dispositif de formation présenté qui se veut multifonctionnel, à la fois pour les raisons avancées, visant différents apprentissages chez les acteurs, et ce, y compris pour les concepteurs

enseignants-chercheurs eux-mêmes qui ne sont pas toujours spécialistes des disciplines dans lesquels enseignent ou enseigneront les formés, mais aussi pour un autre aspect lié à l'activité constructive du sujet.

Le constat que l'apprentissage après ne semble pas directement appréhendable par les acteurs pourrait être dû au fait que l'activité constructive relève d'un temps plus long que celui de l'activité productive. En effet, si l'activité productive est liée à ce qui est à faire, à exécuter et consiste en un produit ou un service, l'activité constructive est en quelque sorte « ailleurs », en ce qu'elle est orientée vers « l'accroissement, le maintien, la reconfiguration des ressources du sujet pour l'activité productive à venir » (RABARDEL, 2005, p. 254). Au niveau de leur temporalité respective, Rabardel y précise aussi que « les activités productives s'inscrivent donc dans les horizons temporels (du très court terme au moyen terme) de telle ou telle action ou ensemble d'actions, correspondant à une mission (donnée, prescrite ou attendue du travailleur) ou à un projet du sujet ; tandis que les activités constructives s'inscrivent dans les horizons temporels caractéristiques du développement du sujet et de ses ressources (moyen et long terme) ». Ainsi, ces deux types d'activités du sujet apparaissent comme désynchronisées, pouvant expliquer que cette prise de conscience appelée de nos vœux n'intervienne que sur un temps plus long et du point de vue du sujet lui-même, au cœur de ses propres genèses conceptuelles, instrumentales ou identitaires (PASTRÉ, 2011), nécessitant une recherche sur un plus long terme.

Extensions

Une des extensions didactiques de ces travaux concerne une réutilisation de ces dispositifs, en proposant par exemple la demande issue du Pont Supérieur, selon les modalités et les contraintes du contexte à des étudiants de sciences de l'éducation, en leur réclamant d'imaginer les réponses possibles. Par exemple dans le cadre d'une unité d'enseignement en 3^e année de Licence, dans un cours sur la formation d'adultes, nous proposons, en tant que situation simulée, de jouer le rôle du directeur qui répond aux questions des groupes d'étudiants qui représentent des cabinets spécialisés en conception de projets de formation, mis à contribution pour répondre à la demande de formation. Dans un second temps, chacun des groupes vient présenter sa proposition de réponse, en termes de conception de dispositif possible, pour la discuter avec l'ensemble du groupe-classe. Ils ont donc à imaginer un dispositif de formation permettant aux participants auxquels il s'adresse de développer des compétences

en pédagogie et en didactique. Dans un troisième temps, il est proposé aux étudiants le dispositif conçu (celui que nous proposons ici), non comme exemple, mais comme possibilité de réponse. Un autre essai a été mis en place dans le cadre d'une formation à la problématisation en Master professionnel de formation de formateurs par l'analyse des situations de travail (FFAST) au sein d'un enseignement d'initiation à la problématisation, afin de leur faire vivre une situation-problème liée à la conception de formation, en la basant sur l'analyse de l'activité (MUNOZ *et al.*, 2014 ; VILLERET *et al.*, 2014), en vue de développer leur créativité, ou réfléchir sur la notion de dispositif de formation, ce à quoi nous invite Albéro (2011) en en montrant tous les enjeux et toute la complexité.

Enfin, en vue de pouvoir considérer encore mieux le lien entre activité et développement du point de vue du sujet, il pourrait être intéressant de pouvoir suivre de façon compréhensive un des participants à l'un des deux dispositifs, en vue de comprendre ses éventuelles évolutions, en termes de genèses conceptuelles, instrumentales et identitaires. Cette étude restant largement à faire permettrait d'alimenter la conceptualisation de la dialectique activité-développement (RABARDEL et PASTRÉ, 2005), en vue de l'élargissement du pouvoir d'agir du sujet.

Concernant la thématique des liens entre approches didactique et ergonomique, comme nous invite à la considérer l'ouvrage « Didactique de la conception », étant donné que la notion de conception est souvent étudiée par l'ergonomie, nous esquissons le questionnement suivant. Si notre dispositif de formation tente de constituer « une situation potentielle de développement » (MAYEN, 1999), en quoi peut-il constituer un « environnement capacitant » (FALZON, 2013) ? Si cette dernière notion semble, à certains égards, proche de celle de situation potentielle de développement, une articulation plus systématique entre les deux notions reste à construire, notamment en considérant les conditions favorables à l'exercice de la capacité que l'ergonomie prend en compte, au-delà des éléments plus psychologiques pouvant concourir au sujet capable. Il s'agit d'une finalité nouvelle pour l'action ergonomique qui, en proposant une « ergonomie constructive » (FALZON, 2013), tend à considérer aussi la dialectique, le développement et l'activité, non pas comme le fait la didactique professionnelle, mais du moins en complémentarité avec elle. Mais cela reste un autre domaine de problématisation à construire.

Références

- ALBÉRO, B. (2011). Approche trilogique des dispositifs en formation : pourquoi « les choses ne fonctionnent-elles jamais comme prévu » ? Colloque *Outils pour la Formation, l'Éducation et la Prévention (OUFOREP) : contributions de la Psychologie et des Sciences de l'Éducation*. Journées Scientifiques de l'Université de Nantes, Cité des Congrès de Nantes, 6-7 juin 2011. (Fascicule I, p. 427-436). Repéré à http://www.cren.univ-nantes.fr/98602891/o/fiche_pagelibre/.
- BACHELARD, G. (1938/1970). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- BOIVIN, S., CHARPENTIER M.-F. et MUNOZ, G. (2014). Comment créer une convergence de fonctions dans une formation de tuteurs en soins infirmiers ? Colloque HEP (Haute école pédagogique) : *Créativité et apprentissage : un tandem à ré-inventer* ? Lausanne, Vaud, 15-16 mai.
- BROUSSEAU, G. (2012). Des dispositifs piagétien aux situations didactiques. *Éducation & didactique*, vol. 6-2, 101-127.
- FABRE, M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : PUF.
- FABRE, M. (2003). *Le problème et l'épreuve. Formation et modernité chez Jules Verne*. Paris : L'harmattan. Repéré à <https://www.cairn.info/revue-les-sciences-de-l-education-pour-l-ere-nouvelle-2005-3.htm>.
- FABRE, M. (2005). Deux sources de l'épistémologie des problèmes : Dewey et Bachelard, *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, 3 (vol. 38), 53-67.
- FABRE, M. (2006). Analyse des pratiques et problématisation. *Recherche et formation*, 51, 133-145. Repéré à <http://rechercheformation.revues.org/511>.
- FABRE, M. (2009). *Philosophie et pédagogie du problème*. Paris : Vrin.
- FABRE, M. et MUSQUER, A. (2009). Comment aider l'élève à problématiser ? Les inducteurs de problématisation. *Les Sciences de l'éducation – Pour l'Ère nouvelle*, 42(3), 111-129.
- FABRE, M. et MUSQUER, A. (2009b). Vers un répertoire d'inducteurs de problématisation : analyse d'une banque de situations-problèmes. *Spiral-E – revue de recherches en éducation*, 43, 45-68. Repéré à http://spirale-edu-revue.fr/IMG/pdf/Fabre_et_Musquer_Spiral-E_2009.pdf.
- FABRE, M. (2011). *Éduquer pour un monde problématique. La carte et la boussole*. Paris : PUF.
- FALZON, P. (2013). *Ergonomie constructive*. Paris : PUF.
- DURAND, M. et FABRE, M. (2007). (dir.). *Les situations de formation entre savoirs, problèmes et activité*. Paris : L'harmattan.
- MAUBANT, P. (2004). *Pédagogues et pédagogies en formation d'adultes*. Paris : PUF.
- MAYEN, P. (1999). *Les situations potentielles de développement. Éducation permanente*, 139, 65-86.
- MUNOZ, G., VILLERET, O. et BOIVIN, S. (2014). Dialogue de concepteurs de dispositifs de formation : quelles formes de pédagogie des situations ? Troisième Colloque International de Didactique Professionnelle *Conception et formation*, Association RPDP en partenariat avec le Laboratoire CERSE (EA 965), 28-29 octobre 2014, Caen, France. Repéré à <http://didactiqueprofessionnelle.ning.com/page/archives-publiques>.
- MUSQUER, A. et FABRE, M. (2010). Le modèle des inducteurs de problématisation : état des lieux et pistes de recherche. *Actes du congrès de l'Actualité de la Recherche en Éducation et Formation (AREF)*, Université de Genève.
- PASTRÉ, P., MAYEN, P., et VERGNAUD, G. (2006). La didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie*, 154, 145-198.
- PASTRÉ, P. (1997). Didactique professionnelle et développement. *Psychologie Française*, 42, 89-100.
- PASTRÉ, P. (2011). *La didactique professionnelle. Approche anthropologique du développement chez les adultes*. Paris : PUF.

- RABARDEL, P. et PASTRÉ, P. (2005). *Modèles du sujet pour la conception : dialectiques activités développement*. Toulouse : Octarès.
- RABARDEL, P. (2005b). Instrument, activités et développement du pouvoir d'agir. Dans R. TEULIER et P. LORINO (dir.), *Entre connaissance et organisation : l'activité collective : l'entreprise face au défi de la connaissance* (p. 251-265). Paris : La découverte.
- SCHÖN, D. (1994). *Le praticien réflexif : à la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel*. Montréal : Les éditions logiques.
- SIMONDON, G. (1958/1989). *Du mode d'existence des objets techniques*. Paris : Aubier.
- VERGNAUD, G. (1992). Qu'est-ce que la didactique ? En quoi peut-elle intéresser la formation des adultes peu qualifiés ? *Éducation permanente*, 111, 19-31.
- VERGNAUD, G. (1996). Au fond de l'action, la conceptualisation. Dans J. M. Barbier (dir.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (p. 275-292). Paris : PUF.
- VERGNAUD, G. (1999). La forme opératoire de la connaissance : un beau sujet de recherche fondamentale et appliquée. Dans Club CRIN (dir.), les cahiers des clubs CRIN, *Entreprises et compétences, le sens des évolutions* (p. 193-202). Paris : Association Ecrin.
- VERGNAUD, G. (2007). Représentation et activité : deux concepts associés. *Recherche en éducation*, 4, 9-22. Repéré à http://www.cren-nantes.net/IMG/pdf/Revue_no4.pdf.
- VERGNAUD, G. (2008). De la didactique des disciplines à la didactique professionnelle, il n'y a qu'un pas. *Travail et apprentissage : revue de didactique professionnelle*, 1, 51-57.
- VILLERET, O., MUNOZ, G. et BOVIN, S. (2014). Quelle créativité dans la conception de dispositifs de formation basés sur l'analyse de l'activité ? Colloque HEP (Haute école pédagogique) : *Créativité et apprentissage : un tandem à ré-inventer ?* Lausanne, Vaud, 15-16 mai.
- VILLERET, O. et MUNOZ, G. (2015). Coopérer pour construire une situation-problème dans un « parcours de découverte de pratiques pédagogiques éloignées » pour les formateurs de musique. Biennale internationale de l'éducation, de la formation et des pratiques professionnelles : *Coopérer*, CNAM de Paris, 30 juin-3 juillet 2015.
- VINATIER, I. (2009). *Pour une didactique professionnelle de l'enseignement*. Rennes : PUR.
- VINATIER, I. (2013). *Le travail enseignant. Une approche par la didactique professionnelle*. Bruxelles : De Boeck.
- VGOTSKI, L. S. (1934/1997). *Pensée et Langage*. Paris : La Dispute.

Chapitre 7

Alex Sandro Gomes
et Grégory Munoz

La notion de système
d'instruments en formation
de conception d'artefacts

La notion de système d'instruments en formation de conception d'artefacts

Alex Sandro Gomes et Grégory Munoz

INTRODUCTION : PROBLÉMATISATIONS

Dans le cadre d'un projet d'échange franco-brésilien, fédérant le Centre de Recherche en Éducation de Nantes (CREN) et le Centre d'Informatique de l'Université Fédérale de Pernambuco, intitulé « Conception participative d'un environnement d'apprentissage pour la formation professionnelle », il est prévu de former les acteurs de la conception à la distinction artefact/instrument de Rabardel (2005) et de les aider à comprendre leur système d'instruments. En effet, il est apparu dans une recherche précédente (VIDAL-GOMEL, BOURMAUD et MUNOZ, 2015), où la prescription était considérée comme artefact, que bien souvent, si des professionnels ont pu construire pour eux-mêmes un système d'instruments, ils sont amenés, à prescrire un système d'artefacts à autrui dans le cadre de formations ou de conseils. Comment la notion de système d'instruments peut orienter les acteurs de la conception pour leur permettre non seulement de mieux considérer les usages, mais aussi de co-construire les artefacts avec les futurs utilisateurs, en vue qu'ils s'inscrivent dans leur activité ? Nous émettons l'hypothèse que la découverte des fonctions et des nécessités des artefacts utilisés par les acteurs peut guider dans la conception de nouveaux artefacts.

Vygotski, dans le cadre de son analyse fonctionnelle et structurelle des processus de développement humain, fondée sur « le matérialisme dialectique et historique » (VYGOTSKI, 1934/1997, p. 188), propose la notion d'acte instrumentale. « Pris dans leur ensemble, les processus psychiques constituent une unité complexe, structurelle et fonctionnelle orientée vers une solution du problème posé. Ils sont coordonnés, et au cours de l'activité,

définis par l'instrument. Ils forment ainsi un nouveau complexe : l'acte instrumental » (VYGOTSKI, 1930/1985, p. 42-43). « L'usage des instruments psychologiques augmente et élargit énormément les potentialités du comportement, rendant accessibles à chacun les résultats du travail des ancêtres » (VYGOTSKI, 1930/1985, p. 44). Cette caractéristique des instruments psychologiques, tournés vers la transformation du sujet ou d'autrui, à l'instar des instruments techniques tournés vers la transformation des objets, permet l'accès aux potentialités « cristallisées » contenues en germe au sein des instruments.

Inspiré de cette perspective historico-culturelle (VYGOTSKI 1934/1997 ; BRUNER, 1991 ; VERGNAUD, 2000), Rabardel (1995, 2005) propose une extension de la méthode instrumentale. Il s'agit d'une approche instrumentale, anthropocentrée, qui permet de comprendre comment se construit l'usage d'artefact, défini comme tout élément conçu par les humains, devenu instrument en situation d'action par et pour le sujet. Cette transformation de l'artefact en instrument se réalise en fonction de l'intentionnalité du sujet et des caractéristiques à la fois de lui-même et à la fois du milieu au sein duquel il agit et réagit.

Le recours à cette extension théorique nous permet de considérer l'ensemble d'un système d'artefacts du point de vue de la notion de système d'instruments. Cette notion nous semble pertinente pour l'activité de conception, notamment la conception d'artefacts numériques conçus pour la formation. En effet, nous émettons l'hypothèse que considérer cette notion pourrait permettre aux concepteurs d'adapter au mieux leur conception à l'activité des futurs usagers, en inscrivant les artefacts nouvellement conçus au système d'instruments des acteurs auxquels ils les destinent.

Dans un premier temps, nous précisons notre cadre théorique, basé sur l'approche instrumentale de Rabardel (2005). En second lieu, nous présentons un cadre d'analyse possible. En troisième lieu, nous rappelons les résultats de deux études de cas qui montrent l'intérêt de considérer la notion de système d'instruments. Enfin, la conclusion expose quelques perspectives inspirées de l'ergonomie constructive (Falzon, 2013).

CADRE THÉORIQUE

Depuis une perspective de didactique professionnelle (PASTRÉ, 2011 ; VINATIER, 2013), nous pensons qu'il est pertinent de former les acteurs de la conception à des formes de recherche collaborative entre professionnels et chercheurs (VINATIER et RINAUDO, 2015). C'est pourquoi le CREN a développé une « approche de conception basée sur l'analyse de l'activité avec et pour les acteurs », afin que ces derniers puissent être en mesure de développer leur propre pouvoir d'agir, notamment par la médiation d'artefacts, que ces derniers soient ou non numériques. Dans ce but, nous préconisons le recours à la notion de système d'instruments (MUNOZ et BOURMAUD, 2012) dans le cadre de l'approche instrumentale de Rabardel (2005). La conclusion aboutit à la proposition d'un dispositif envisagé dans le cadre d'un futur projet franco-brésilien.

Approche instrumentale

La notion de genèse instrumentale (RABARDEL, 2005 ; BÉGUIN et RABARDEL, 2000) montre comment les artefacts doivent donner lieu à une construction de la part du sujet pour obtenir un statut d'instrument, et ainsi s'inscrire dans son activité, organisée par ses schèmes, c'est-à-dire ses propres structures d'action. C'est pourquoi Rabardel considère qu'un instrument est constitué d'un couplage schème-artefact. La partie schème renvoie aux structures d'action du sujet : appliqué et ajusté à un artefact particulier en vue d'un but particulier d'action agissant sur un objet, ce schème devient schème d'activité instrumentée, par l'intermédiaire d'un instrument intervenant comme élément de médiation. « Les schèmes font l'objet de transmissions, de transferts... » (RABARDEL, 1997, p. 40), notamment à travers les artefacts auxquels ils s'adaptent.

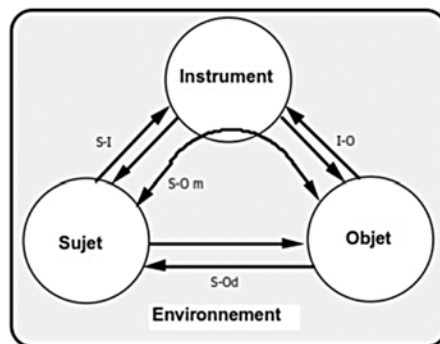


Figure 1. Approche instrumentale selon Rabardel (1995).

Ce schéma présente les interactions intervenant entre les trois entités de l'activité instrumentée, introduisant une médiation dans la dialectique sujet-objet initiée au sein du constructivisme piagétien (PIAGET, 1936/1977) et complétée par l'approche de Vergnaud (1996, 1999) à propos de la conceptualisation dans l'action, auquel s'ajoute la médiation d'autrui (VYGOTSKI, 1934/1997). « Les autres utilisateurs, mais aussi les concepteurs des artefacts, contribuent à cette émergence des schèmes. Les schèmes font l'objet de transmissions, de transferts » (RABARDEL, 1997, p. 40). « De la même façon, les dimensions de structuration de l'action dont est porteur l'artefact peuvent rendre possible, pour le sujet, de nouvelles modalités d'organisation de son action, renouvelée par exemple les conditions d'implication réciproque des buts et des moyens, d'enchaînement des buts et sous buts, de contrôle de l'action, etc. » (RABARDEL, 1997, p. 45), et ainsi élargir son pouvoir d'agir. Si l'artefact constitue ainsi un possible potentiel de développement du point de vue du sujet, il s'agit également de considérer des aspects contraires, plus négatifs, comme le laisse entendre le propos suivant : « Les variations de l'ouverture du champ des possibles offerts par l'artefact peuvent aller dans le sens d'un élargissement aussi bien que d'une réduction des actions réalisables avec l'artefact » (RABARDEL, 1997, p. 44). En effet, si l'artefact offre des possibilités de développement, il peut en effet s'avérer constitutif de processus contraires, infligeant parfois au sujet la perte de son pouvoir d'agir, comme l'énonce Rabardel (2005) à propos du cas de l'établi changé d'un ouvrier (LINHART, 1978). « L'introduction d'une nouveauté technique dans une situation donnée permet souvent de résoudre d'anciens problèmes. Mais elle change la nature de la tâche et crée de nouveaux problèmes, pour lesquels de nouvelles formes d'actions seront nécessaires. Se voit donc posée la question de la genèse de l'activité face à la nouveauté et à l'objet conçu » (BÉGUIN, 2003, p. 150). Par conséquent, tout artefact nécessite des transformations qui peuvent infliger une perte de pouvoir d'agir du point de vue du sujet, aussi bien que de nouveaux horizons d'action. Mais à quelle condition ? Une des conditions que nous avançons est de considérer la notion de système d'instruments afin que de nouveaux artefacts introduits auprès d'utilisateurs soient en cohérence avec leur système d'instruments.

Aux sources de la notion de système d'instruments

Il nous paraît intéressant de considérer comme source de la notion de système d'instruments l'idée de « complexe d'outils » issue du philosophe Heidegger qui avance ce terme dont il définit les caractéristiques.

« À proprement parler, un outil n'est jamais seul. Il appartient à l'être de l'outil de s'insérer dans un complexe d'outils, qui lui permet d'être l'outil qu'il est. L'outil est essentiellement "quelque chose pour...". Les divers modes de ce "pour", tel que le service, l'utilité, l'applicabilité ou la maniabilité constituent un complexe d'outils. [...]. Conformément à son ustensilité, un outil n'existe que PAR son lien à un autre outil : l'écritoire, la plume, l'encre, le papier, le sous-main, la table, la lampe, les meubles, les fenêtres, les portes, la chambre [...]. Ces "choses" ne commencent pas par se manifester chacune pour elle-même pour constituer ensuite une somme de réalité propre à remplir une chambre. Ce qui s'offre à nous de prime abord, bien que nous ne le saisissons pas thématiquement, c'est la chambre ; et, à son tour, la chambre ne se présente pas d'abord comme un vide délimité par quatre murs dans un espace géométrique, mais comme un outil d'habitation. C'est lui qui fait apparaître comme "mobiliser" les objets contenus dans la chambre et c'est en lui que se distinguent les différents objets d'usage pris "individuellement". Un complexe d'outils doit déjà être découvert avant même qu'un de ceux-ci puisse être discerné » (HEIDEGGER, 1927, p. 92-94).

Système d'instruments

En outre, avec la notion de système d'instruments (VIDAL-GOMEL, 2002 ; RABARDEL et BOURMAUD, 2005), il apparaît intéressant de considérer comment les systèmes d'artefacts mis à disposition par les concepteurs ne peuvent pas toujours s'imbriquer directement au système d'instruments construits et largement éprouvés au cours de l'expérience des utilisateurs. Et ce, en fonction des diverses classes de situations de leurs domaines d'activité (RABARDEL et BOURMAUD, 2005) qui ont pu contribuer à en faire des « sujets capables » (RABARDEL, 2005). C'est pourquoi Béguin (2013) préconise de recourir à une approche participative de la conception.

Un système d'instruments comporte cinq caractéristiques : il « organise de vastes ensembles d'instruments et de ressources de nature hétérogène ; il est lié aux objectifs de l'action poursuivie par le sujet et doit permettre l'atteinte d'un meilleur équilibre entre les objectifs d'économie et d'efficacité ; il présente comme caractéristiques des complémentarités et des redondances de fonctions ; il est différent d'un opérateur à l'autre et structuré en fonction de son expérience et de ses compétences ; enfin, dans un système d'instruments, un instrument joue un rôle particulier d'organisateur, de pivot pour les autres instruments » (BOURMAUD, 2006, p. 44).

MÉTHODOLOGIE

L’analyse que nous proposons cherche à identifier les différents artefacts mobilisés dans l’action du sujet, en fonction de ses buts et sous-but, ainsi que les fonctions remplies par les divers artefacts mobilisés, soit dans l’activité (par observation), soit lors d’entretiens portant sur l’activité du sujet. Voici par exemple un type de grille d’analyse, inspirée de la MDSR¹, pouvant être mobilisée (voir tableau 1).

Temps	Interactions verbales	Analyse artefacts	Observations
3’38	Enseignant : Bonjour...	But de l’acteur :	Explications
		Artefacts :	
		Fonctions artefacts :	

Tableau 1. Exemple d’une grille analytique.

ANALYSES

L’analyse de quelques exemples déployés au sein de diverses études menées notamment en France donne à comprendre l’intérêt de la notion de système d’instruments (MUNOZ et BOURMAUD, 2012 ; MUNOZ *et al.*, 2015 ; VIDAL-GOMEL *et al.*, 2015) pour l’analyse des activités humaines instrumentées ou médiatisées.

Deux exemples permettent d’illustrer nos propos chez des « chargés de sécurité » en entreprises industrielles et chez des « conseillères pédagogiques ».

Chargés de sécurité

Une première étude concerne l’activité des acteurs chargés de la sécurité au sein d’entreprises industrielles (MUNOZ, 2003), notamment le système d’instruments auquel il recourt (MUNOZ et BOURMAUD, 2007). Dans l’exemple du tableau 2 suivant, il est possible de comprendre que pour réaliser un même objectif, par exemple constituer la référence attendue d’une « entreprise sécurisée », dans le cadre de son métier, un chargé de sécurité peut recourir à différents artefacts. Ces derniers recouvrent parfois des redondances ou des complémentarités de fonctions pour rendre son activité plus efficace. Le Code du travail constitue un instrument pivot de son activité, puisque les autres instruments s’organisent autour de lui.

1. MDSR : Méthode des Défaillances et Substitutions de Ressources (RABARDEL et RABARDEL, 2005 ; DETHOREY *et al.*, 2017).

Méta-objectifs	Artefacts	Fonctions	Commentaires
1/ Constituer la référence attendue d'une « entreprise sécurisée »	Code du travail	Être en mesure de considérer les risques réglementaires et les risques de sécurité	« outil fondamental » (32) ; « outil de base » (40) ; le « savoir théorique » (62) : instrument pivot
	Dictionnaire permanent sécurité et conditions de travail	Mettre à jour et élargir les éléments du Code du travail	
	Les documents INRS	Simplifier et « contextualiser » les éléments de réglementation Être en mesure d'inférer les risques de production	Sur les aspects plus techniques, plus abordables
2/ Diagnostiquer l'état de sécurité actuel de l'entreprise	Taux de fréquence et taux de gravité	Être en mesure de considérer les risques de sécurité	
3/ Réduire l'écart entre référence théorique et état du système réel, par prévention ou correction, en aval ou en amont de l'accident ou de l'incident	Arbres des causes	Analyser <i>a posteriori</i> un incident ou un accident	

Tableau 2. Grille analytique (d'après Munoz, Vidal-Gomel et Bourmaud, 2015).

Certaines fonctions concernent des éléments de pragmatisation de la réglementation, en simplifiant ou en contextualisant des lois générales ou encore en complétant des fonctions. Par exemple, concernant le premier méta-but, trois types d'artefacts sont mobilisés complémentirement : le Code du travail, le dictionnaire permanent et les documents INRS.

Nous pensons qu'il apparaît intéressant de considérer quelles sont les ressources dont disposent ces professionnels pour mener à bon escient leur activité complexe liée à la gestion d'un environnement dynamique à risque. Pour les chargés de sécurité, dont l'activité au niveau cognitif peut être considérée comme relevant d'un pilotage d'environnement dynamique à tempo lent, la réglementation devient une référence. Cette dernière est progressivement constituée et en constante évolution, notamment à travers une démarche de veille réglementaire qui permet aux chargés de sécurité de conceptualiser tout d'abord ce qui peut être considéré comme un « système sécurisé », pour ensuite le « comparer »

au diagnostic de la situation de leur propre entreprise, afin de considérer son niveau de sécurité et travailler sur les éléments à risque ou en vue de la prévention.

Dans cette perspective, la réglementation relève bien de l'instrument pivot du système d'instruments, pour prendre un exemple. Voici, par ailleurs, ce qu'en dit l'expert formateur pour les futurs chargés de sécurité :

38. Formateur 1 : Ah d'accord. Oui, il y a le Code du travail. C'est l'outil fondamental.

39. Interviewer : Parce que je ne mets pas les documents...

40. Formateur 1 : Le Code du travail, l'outil de base. Plus que le Code du travail, moi ce que j'utilise, c'est le Dictionnaire permanent sécurité et conditions de travail, parce qu'en fait, c'est le Code du travail interprété. Ce n'est pas simplement les textes de lois, ça va un peu plus loin. Tu n'as pas que le Code du travail, mais un certain nombre d'arrêtés, de décrets, de directives européennes. Donc ça te permet d'avoir plus d'informations, tout simplement. Oui, c'est l'outil de travail de base. C'est vrai, je n'y avais pas pensé.

On comprend en outre que ce formateur se réfère à une version déjà transformée du Code du travail, pouvant lui être redondant, renvoyant dès lors à la caractéristique de vicariance du système. Un troisième artefact réglementaire davantage « pragmatisé » selon Pastré (2011), relève des documents INRS², présentés dans le propos suivant :

49. Interviewer : C'est l'aspect ludique.

50. Formateur 1 : C'est plus pour essayer. C'est l'avantage aussi des fameuses documentations de l'INRS qui donne des informations plus abordables à tout le monde. Même s'ils rentrent dans des aspects techniques, ils commencent par montrer. Si tu prends le cas sur l'incendie, ils vont penser à t'expliquer ce qu'est un incendie, avec un aspect. Tu as divers niveaux de technicité dans ces documentations.

Si une des premières finalités importantes de ces instruments consiste pour le chargé de sécurité en la construction d'un diagnostic de la situation (estimer le niveau de sécurité de son entreprise), une seconde relève de l'argumentation à déployer auprès des différents publics de son entreprise. Afin que ceux-ci mettent en œuvre les prescriptions sécuritaires à leur poste de travail, le professionnel de la sécurité peut, par exemple, recourir à un aspect ludique, voire à une diversification des degrés de technicité des documents mentionnés en fonction des publics auxquels il

2. INRS : Institut national de la recherche en sécurité.

s'adresse, surtout s'il veut parvenir à « agir sur leurs représentations » afin de pouvoir faire augmenter « l'esprit sécurité » de son entreprise (MUNOZ et BOURMAUD, 2011).

Conseillères pédagogiques

Au sein d'une autre étude de cas (MUNOZ et BOURMAUD, 2012 ; VIDAL-GOMEL, BOURMAUD et MUNOZ, 2015), nous avons pu identifier les artefacts auxquels une conseillère se réfère, ainsi que l'évolution de ses ressources en lien avec son propre développement d'une part et son changement de statut d'autre part. Nous avons pu montrer comment elle réélabore ses ressources adressées aux enseignants qu'elle conseille, portant la marque de son propre modèle de ce qu'est l'activité d'enseignement selon elle. Elle a évolué selon différentes fonctions qui ont vu transformer son rapport à son système d'instruments.

1) Depuis une activité d'enseignante, intervenant en petites sections de maternelle, et qui, face au peu de ressources spécifiques en la matière à son époque, a construit son propre système de ressources pédagogiques : « C'est-à-dire que j'avais des classeurs par domaines disciplinaires et il y avait dans ces classeurs un amalgame d'apports théoriques, de mises en œuvre dans ma classe, de mises en œuvre que j'avais observées dans des classes. Voilà, donc, j'y mettais tout type de documentations ».

Leur capitalisation lui a permis de suivre et de planifier son travail : « Dans l'année, ça me servait dans mon suivi d'activité, sur la cohérence du travail que je menais avec les élèves. »

2) Vers une activité de tutrice : ce qui lui a permis de transformer son système d'instruments à destination des enseignants novices en formation qu'elle accueillait dans sa classe : « C'est devenu organisé parce que, du coup, c'était aussi utilisé par d'autres personnes qui étaient dans la classe. C'était à disposition dans la classe. »

3) Vers une activité de conseillère : depuis son domaine d'activité antérieur (l'enseignement) vers le présent (le conseil pédagogique), ce système d'instruments a été réinvesti et complété pour constituer : « Comme une préparation de classe où l'on attend des gens dans la classe, avec un descriptif de séquences et les objectifs, le déroulement, une partie bilan [...] des descriptifs de séances que j'avais expérimentées [...] des descriptions, je dirais, de comment se tenait la séquence. »

Depuis qu'elle est conseillère, ce système a été complété. Elle utilise Internet, « avant tout sur les programmes », intégrant la prescription primaire et ses évolutions (programmes 2002 puis 2008). Puis, elle prend « tout ce qui vient des Inspections académiques », où elle retrouve « le travail de collègues, conseillers pédagogiques, qui ont cherché ». « Cela m'évite de tout réinventer. Donc, là encore, cela me fait un point de départ avant de m'approprier et de modifier en fonction de ce que je veux faire passer. »

Ainsi, au gré de sa carrière professionnelle, son système d'instruments évolue en fonction des changements de son activité, tout en préservant une certaine cohérence de son point de vue.

CONCLUSION

Les systèmes d'artefacts mis à disposition par les concepteurs ne peuvent pas s'imbriquer directement aux systèmes d'instruments, construits et largement éprouvés au cours de leur expérience par les acteurs (VIDAL-GOMEL *et al.*, 2015), notamment en fonction des diverses classes de situations de leurs domaines d'activité (RABARDEL et BOURMAUD, 2005) contribuant à en faire des « sujets capables » (RABARDEL, 2005). C'est pourquoi nous préconisons de recourir à une approche participative de la conception (BÉGUIN, 2013).

À partir de ces éléments d'étude, nous proposons des préconisations en vue de l'élaboration d'un dispositif de conception continué dans l'usage, par et pour les acteurs (BÉGUIN et RABARDEL, 2000), orienté vers une ergonomie constructive (FALZON, 2013) : 1) « concevoir à partir des schèmes : la dimension sociale des schèmes ainsi que les processus d'assimilation et d'accommodation constituent des éléments importants à prendre en compte durant la conception, en amont du processus comme en aval » ; 2) « concevoir à partir de l'instrumentalisation : une des solutions, qui vient spontanément à l'esprit face aux processus d'instrumentalisation, est de proposer des systèmes flexibles, que les utilisateurs pourront adapter à leurs besoins » ; 3) « concevoir pour promouvoir les genèses instrumentales : imbrications entre des phases de conception institutionnelles et des phases de conception dans l'usage ».

Ce type de dispositifs peut être développé dans le cadre de recherches collaboratives (VINATIER et RINAUDO, 2015 ; VINATIER, 2013). Vinatier (2013) en expose, comme suit, les tenants et aboutissants. « Il est courant et banal de constater qu'il ne suffit pas que les connaissances scientifiques soient

diffusées pour qu'elles percolent utilement la formation [...] La médiation qu'appelle effectivement le rapprochement entre recherche et monde professionnel nécessite ainsi, pour être adéquate à son concept, un changement du rapport science-formation. La nécessité d'un savoir s'éprouve, s'appelle, se vit ; elle ne s'édicte pas. [...]. En quoi la recherche peut devenir une ressource au service du développement des professionnels, pour eux et par eux-mêmes ».

Ce type d'approches peut recourir à un dispositif orienté vers une ergonomie constructive (FALZON, 2013), dont par exemple Béguin (2013, p. 158) nous expose un des traits : « Dans la mesure où la conception se caractérise par une hétérogénéité de points de vue, opérateurs et concepteurs peuvent légitimement être en désaccord. Mais ces divergences entre les acteurs peuvent être traitées selon deux voies contraires. Une première voie est le conflit, via par exemple l'autorité ou l'exclusion de certains acteurs [...]. La seconde voie est justement la conception. Les désaccords sont le moteur de la modification des caractéristiques de l'objet en cours de conception : on change les critères ; on ajuste les spécifications ; on redéfinit les finalités pour que la solution soit acceptable au sein du groupe. »

Cependant, une question plus intéressante encore serait de déployer des dispositifs de formation à partir de ces analyses. Pour davantage de pertinence, un dispositif d'analyse de l'activité instrumentée des acteurs par un collectif de professionnels eux-mêmes, accompagnés par des chercheurs, à partir d'une formation théorique sur l'approche instrumentale de Rabardel et de la notion de système d'instruments chez Bourmaud, articulée à une initiation méthodologique, serait à inventer. Il pourrait l'être à l'instar d'un dispositif de co-analyse tel que l'a expérimenté Vinatier (2009), en ce qui concerne les interactions verbales. Ce dispositif pourrait relever d'une double perspective : à la fois ergonomique en ce qu'elle cherche à former des « agents ergonomiques », capables de transformer leurs situations de travail à partir de leurs analyses, et à la fois de type didactique professionnel en vue de rendre les acteurs auteurs de leur propre développement professionnel, voire de leurs propres ressources pour l'action, à l'instar des pompiers étudiés par Rogalski et Durey (2004) qui constituent collectivement leurs propres artefacts ou des enseignants qui, avec l'aide de chercheurs, constituent leurs ressources didactiques ainsi que leurs usages dans le cadre d'une ingénierie didactique (GOBERT, 2011). Toutes ses études peuvent inspirer les concepteurs d'artefacts.

Références

- BÉGUIN, P. et RABARDEL, P. (2000). Concevoir pour les activités instrumentées. *Revue d'intelligence artificielle*, 14(1-2), 35-54.
- BÉGUIN, P. (2013). La conception des instruments comme processus dialogique d'apprentissages mutuels. Dans P. Fazon (dir.), *Ergonomie constructive* (p. 147-160). Paris : PUF.
- BOURMAUD, G. (2006). *Les systèmes d'instruments : méthodes d'analyse et perspectives de conception*. Thèse de psychologie ergonomique. Université Paris 8. Repéré à <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00109046/document>.
- BRUNER, J. S. (1991). *Car la culture donne forme à l'esprit*. Paris : Eshel.
- ENGSTRÖM, Y. (1990). *Learning, Working and Imagining, Twelve Studies in Activity Theory*. Helsinki, Finland : Orienta-Konsultit Oy.
- DETHOREY, S., DECORTIS, F., BATIONO-TILLON, A. et BOURMAUD, G. (2017). *Des ressources pour la bientraitance : Une lecture de l'activité des Aides-Soignantes à travers leur Système de Ressources*. 52^{ème} Congrès de la SELF - Présent et Futur de l'Ergonomie (Toulouse, 20-22 septembre). <https://ergonomie-self.org/wp-content/uploads/2018/08/ActesSELF2017-282-289.pdf>.
- FALZON, P. (2013). *Ergonomie constructive*. Paris : PUF.
- GOBERT, S. (2011). Une ingénierie didactique pour le développement des pratiques de description de formes géométriques à l'école maternelle. Dans C. Margolinas (dir.), *En amont et en aval de l'ingénierie didactique*. Grenoble : La pensée sauvage, CDRom.
- HEIDEGGER, M. (1927). *L'être et le temps*. Paris : Gallimard.
- LINHART, R. (1978). *L'Établi*. Paris : Éditions de Minuit.
- MUNOZ, G. (2003). *Formation en alternance et pragmatization des connaissances*. Thèse de doctorat de psychologie, Université Paris 8, Laboratoire Cognition et Usages. Lille : Thèse à la carte.
- MUNOZ, G. et BOURMAUD, G. (2007, septembre). Conceptualisation et pragmatization de la réglementation comme instrument. Congrès SFP 2007, 4^e Journées d'Études en Psychologie Ergonomique – ÉPIQUE 07, Nantes. Repéré à <http://www.sfpsy.org/spe-grape/epique-2007/EPIQUE2007.pdf>
- MUNOZ, G. et BOURMAUD, G. (2011). De la conceptualisation des risques : le choix de l'argumentation des chargés de sécurité en fonction de leurs interlocuteurs. L'ergonomie à la croisée des risques. 46^e Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française, Paris 14-16 sept. Partie 3, 375-382. Repéré à <http://www.ergonomie-self.org/media/media58466.pdf>.
- MUNOZ, G. et BOURMAUD, G. (2012). Éléments de système d'instruments pour enseignants : une analyse auprès de conseillers pédagogiques. Actes du colloque OUFORÉP. Université de Nantes (p.427-436). Repéré à http://ead.univ-angers.fr/~ouforep/IMG/pdf/fascicule_4_colloque_OUFORÉP_juin_2011.pdf.
- MUNOZ, G. et 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. Repéré à <http://www.erudit.org/revue/phro/2012/v1/n4/index.html>.
- MUNOZ, G., VIDAL-GOMEL, C. et BOURMAUD, G. (2015). The Operators' System of Instruments: A Risk Management Tool. Dans J.-M. Mercantini et C. Faucher (Eds.), *Risk and Cognition*. Springer. Repéré à http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-45704-7_9.
- PASTRÉ, P. (2011). *La didactique professionnelle. Approche anthropologique du développement chez les adultes*. Paris : PUF.
- PIAGET, J. (1936/1977). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- RABARDEL, P. (1995). *Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.

- RABARDEL, P. (1997). Activités avec instruments et dynamiques cognitives du sujet. Dans C. MORO, B. SCHNEUWLY et M. BROSSARD (dir.), *Outils et signes : perspectives actuelles de la théorie de Vygotski* (p. 35-49). Neuchâtel : Peter Lang.
- RABARDEL, P. (2005). Instrument subjectif et développement du pouvoir d'agir. Dans P. RABARDEL et P. PASTRÉ (dir.), *Modèles du sujet pour la conception : dialectiques activités développement* (p. 11-29). Toulouse : Octarès.
- RABARDEL, P. et BOURMAUD, G. (2005). Instruments et systèmes d'instruments. Dans P. RABARDEL et P. PASTRÉ (dir.), *Modèles du sujet pour la conception : dialectiques activités développement* (p. 211-229). Toulouse : Octarès.
- ROGALSKI, J. et DUREY, A. (2004). Compétences, savoirs de références et outils cognitifs opératifs. Dans R. SAMURÇAY et P. PASTRÉ (dir.) *Recherches en didactique professionnelle* (p. 109-136). Toulouse : Octarès Édition
- VIDAL-GOMEL, C. (2002). Systèmes d'instruments des opérateurs. Un point de vue pour analyser le rapport aux règles de sécurité. *Pistes*, 4(2), 1-16 novembre. Repéré à <http://journals.openedition.org/pistes/3367>.
- VIDAL-GOMEL, C., BOURMAUD, G. et MUNOZ, G. (2015). Systèmes d'instruments, des ressources pour le développement. Symposium 2. Outils, artefacts, instruments. Théories du développement et activité. Colloque international en Sciences de l'Éducation *L'activité en débat. Dialogues épistémologiques et méthodologiques sur les approches de l'activité*. CIREL, Maison de la recherche, Université Lille 3. Repéré à <http://evenements.univ-lille3.fr/activite-en-debat/data/PDF-Actes/Vidal-Bourmaud-Munoz.pdf>.
- VINATIER, I. (2013). Fondements paradigmatiques d'une recherche collaborative avec des formateurs de terrain. *Note du CREN*, 13. Repéré à http://www.cren.univ-nantes.fr/67959790/o/fiche_pagelibre/.
- VINATIER, I. et RINAUDO, J.-L. (2015). Rencontres entre chercheurs et praticiens : quels enjeux ? *Carrefours de l'éducation*, 39(1), 9-18. Repéré à <http://doi.org/10.3917/cdle.039.0009>.
- VERGNAUD, G. (1996). Au fond de l'action, la conceptualisation. Dans J. M. BARBIER (dir.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (p. 275-292). Paris : PUF.
- VERGNAUD, G. (1999). La forme opératoire de la connaissance : un beau sujet de recherche fondamentale et appliquée. Dans Club CRIN (dir.), *Entreprises et compétences, le sens des évolutions* (p. 193-202). Paris : ECRIN.
- VERGNAUD, G. (2000). *Lev Vygotski, pédagogue et penseur de notre temps*. Paris : Hachette Éducation.
- VYGOTSKI, L. S. (1930/1985). La méthode instrumentale en psychologie. Dans B. SCHNEUWLY et J. P. BRONCKART (dir.), *Vygotski aujourd'hui* (p. 39-47). Neuchâtel, Paris : Delachaux & Niestlé.
- VYGOTSKI, L. S. (1934/1997). *Pensée et Langage*. Paris : La Dispute.

Chapitre 8

**Marjolaine Chatoney
et Fabrice Gunther**

Les outils de l'analyse fonctionnelle :
Artefacts pour comprendre
les systèmes techniques

Les outils de l'analyse fonctionnelle : Artefacts pour comprendre les systèmes techniques

Marjolaine Chatoney et Fabrice Gunther

INTRODUCTION

L'éducation technologique (ET) a été introduite en France dans les années 1980 en remplacement de l'éducation manuelle et technique. Elle a été rattachée à l'enseignement général pour introduire un pan de la culture technique dans l'enseignement général au même titre que la culture artistique ou scientifique. L'introduction d'une telle éducation était une urgence culturelle (DUREY et VÉRILLON, 1996 ; HARLÉ, 2012). En effet, tout ce qui relevait des domaines technologiques était, avant cette époque, considéré comme des sous-enseignements destinés aux élèves en difficulté. Notons que cette conception a évolué depuis, mais qu'il subsiste toujours des freins à son enseignement dans l'enseignement général quand il est intégré à d'autres disciplines comme c'est le cas à l'école primaire.

Dans l'enseignement, l'ET est prescrite à tous les niveaux de la scolarité de 3 à 14 ans dans des disciplines scolaires respectivement appelées : découverte du monde, sciences et technologie, technologie. Elle est obligatoire pour tous. À partir de 15 ans, elle devient optionnelle et prépare au Baccalauréat de Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable (STI2D) et à une poursuite d'étude dans le supérieur notamment dans les classes préparatoires aux écoles d'ingénieurs et dans les filières préparant aux Diplômes universitaires de technologie (DUT) et aux Brevets de technicien supérieur (BTS).

Au collège, la technologie est une discipline en tant que telle. Il s'agit de comprendre les raisons d'existence des objets et des systèmes techniques. Au lycée l'option STI2D est centrée sur la compréhension des processus de conception et de production industriels. On passe ainsi d'une logique

de causalité directe au début du collège à des interactions complexes au lycée. Dans ce passage, il importe d'introduire la complexité des interactions graduellement dès l'école pour qu'au lycée, les élèves qui font le choix de l'option STI2D puissent s'appuyer sur des fondements solides. Dans cette logique, l'étude des objets et des systèmes techniques apparaît à tous les niveaux d'enseignement : c'est une constance institutionnelle de la maternelle au lycée. Ce type d'étude vise à comprendre la complexité des systèmes techniques dans leur dimension pluri-technologique. Les approches fonctionnelles, structurelles ou comportementales sont à la base de l'ET. Mais le recours aux outils et aux méthodes issus du monde industriel ne va pas de soi en contexte scolaire.

Dans cet article, nous allons dans un premier temps introduire l'analyse fonctionnelle (AF) : sa raison d'être, son adaptation à l'enseignement au collège et les problèmes qui se posent. Dans un second temps, nous présenterons notre recherche sur les usages et la maîtrise des outils de l'AF par les enseignants.

LES OUTILS DE L'AF

Origine et raison d'être de l'analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle est née aux États-Unis en 1940. Elle est reliée au départ aux théories de l'organisation scientifique du travail promues par Le Chatelier, Taylor et Ford dont l'objectif était de passer d'un mode de production artisanal à une production industrielle (AïM, 2013). Elle vient donc du monde de la production industrielle, et plus précisément de ce que la technologie industrielle actuelle classe sous le terme d'Analyse Systémique et Fonctionnelle (HOWARD, 2007).

Cette approche est définie comme un ensemble dynamique et complexe d'interactions. C'est une unité fonctionnelle structurée d'éléments interdépendants, dont l'ensemble est supérieur à la somme de ses parties (VON BERTALANFFY, 1973). Elle est, pour ces raisons, plus adaptée aux besoins du monde actuel (systémique) que la logique cartésienne (linéaire). Elle permet de caractériser les systèmes en spécifiant leurs limites, leurs relations internes et externes, leur structure et les nouvelles lois. Elle rend manifeste la fonctionnalité socio-organisationnelle de l'entreprise et la rend plus fluide (SCARAVETTI, 2004).

Elle a été vulgarisée en France par de Rosnay (1977), plus spécifiquement en biologie par Morin (1990), dans le domaine social par Le Moigne (1999), par Simon (1996) dans le domaine de l'intelligence artificielle et par Inhelder et Cellier (1992) en sciences cognitives.

Les outils de l'AF

L'analyse systémique et fonctionnelle propose des méthodes et des outils qui permettent de comprendre la complexité des systèmes techniques (ZEHTABAN et ROLLER, 2012). Chaque méthode a ses propres outils. Par exemple les méthodes SADT (Analyse structurée et conception technique) et APTE (Application aux techniques d'entreprise) sont associées à des outils graphiques (diagrammes, graphes) et textuels (cahier des charges). Tous ces outils sont des représentations symboliques du système qui permettent de communiquer et de comprendre le système en utilisant un langage commun (SCARAVETTI, 2004). Autrement dit, l'AF se présente comme un ensemble de méthodes et d'outils le plus souvent utilisé en phase de conception ou d'amélioration de produits industriels. Ces méthodes et outils sont utiles dans l'aide à l'identification, à la quantification et à la résolution de problèmes liées aux besoins. Par ailleurs, cette méthodologie comme l'indique Vernat (2004) sert à la fois dans la phase de formalisation des contraintes et dans l'écriture de modèles parcimonieux et exacts. Selon cette perspective, l'AF est une approche qui associe des outils et des éléments structurants (Scaravetti, 2004).

L'AF une référence industrielle dans l'enseignement

Les références et les pratiques industrielles sont rarement étudiées en milieu scolaire. Seules l'ET dans l'enseignement général et les formations professionnelles sont susceptibles d'aborder l'AF.

Dans un contexte d'éducation à la technologie, l'approche fonctionnelle et systémique constitue également un changement important qui a très probablement un effet positif sur la capacité des élèves à faire face aux problèmes d'une manière plus globale et structurée. La nécessité d'envisager des artefacts techniques comme des systèmes plutôt que de simples objets apparaît très tôt. Ces objets peuvent être isolés sans aucune frontière nette (DEFORGE, 1993 ; GILLE, 1978). L'approche systémique conduit également à une nouvelle façon de concevoir l'éducation technologique (BARAK, 1990, 2007 ; BROWN, COLLINS et DUGUID, 1989 ; DE VRIES, 2005 ; DORST, 2006 ; GARTISER et DUBOIS, 2005).

Quand les enseignants ou les élèves utilisent ces outils, l'enseignement est référencé et l'apprentissage fait sens pour les élèves (GINESTIÉ, 2000). Des études empiriques conduites à l'école primaire indiquent que l'AF est un instrument structurant qui rend viable l'éducation technologique dans l'ensemble sciences et technologie à l'école primaire. Autrement dit, l'AF permet notamment d'inscrire l'ET dans le cadre des activités humaines de production d'objets techniques et de ne plus cantonner l'ET en application des sciences (CHATONEY, 2003, 2005, 2013).

Mais, la mise en place de l'analyse fonctionnelle issue du monde industriel fait apparaître plusieurs problèmes : un problème de transfert des outils industriels vers l'éducation technologique notamment sur les savoirs en jeu et les références (GRAUBE, DYRENFURTH et THEUERKAUF, 2003) et un problème de transformation en instruments pour enseigner. Peu d'études ont été conduites au collège où l'ET appartient encore à l'enseignement général.

L'AF enseignée au collège

Il est important de noter qu'en technologie, différentes manières d'enseigner existent. Rappelons que plusieurs méthodes ont existé depuis les premiers programmes : l'investigation, la démarche de projet ou l'approche en éducation manuelle. Ces méthodes ne sont pas toutes adaptées à la complexité des systèmes techniques. Certaines ne sont pas représentatives des savoirs de référence en éducation technologique. La technologie des sciences peut être abordée avec un mode de pensée linéaire et pas systémique : nous sommes alors loin de l'épistémologie qui fonde la discipline.

L'étude des transpositions de l'AF dans les manuels scolaires du collège par exemple s'effectue aujourd'hui de deux manières : soit la méthode est enseignée en tant que telle, soit la méthode est mobilisée lors d'étude de systèmes. Pour la première manière, il s'agit d'acquérir des connaissances académiques sur l'outil (approche théorique). Dans la seconde, il s'agit de permettre à des élèves de pouvoir agir et résoudre des problèmes avec l'outil (approche pragmatique). Dans les deux cas, les élèves rencontrent et utilisent l'outil et donc apprennent soit par des exercices d'application, soit par investigation.

Le principal problème est de discerner quelles références et connaissances doivent être transmises en ET. En fait, les élèves vivent dans un monde de systèmes techniques qui comportent des aspects technologiques multiples et multidisciplinaires. Nous devons leur enseigner cette réalité complexe, et ceci pourrait être réalisé avec l'utilisation partielle ou totale

de l'AF, car elle permet de prendre en considération la relation entre les humains et les machines ainsi que l'interdépendance entre les différentes fonctions et solutions techniques, tel que l'a défini Simondon (1989).

Le second problème vient des différentes méthodes pédagogiques couramment utilisées en ET (investigation, résolution de problèmes, démarche de projet, essai erreur, etc.). Parmi ces méthodes, certaines sont, on le sait, parfaitement adaptées à l'étude des systèmes techniques puisqu'issues de l'industrie. Toute activité est une résolution de problème (économique, technique, fonctionnel, humain...).

Attendu que dans l'enseignement, l'AF est un instrument organisateur du travail de l'enseignant, nous pensons donc que cet instrument consiste à faire apprendre aux élèves comment se comporte un système technique. Le fait que l'analyse fonctionnelle référence les savoirs et permette d'organiser les enseignements complète notre questionnement.

Pour répondre à ces interrogations, nous présentons dans une seconde partie une étude sur les usages et la maîtrise de l'AF par les enseignants.

ÉTUDE SUR LES USAGES ET LA MAÎTRISE DES OUTILS PAR LES ENSEIGNANTS

Méthode

Échantillon

Un questionnaire a été diffusé à 1200 professeurs d'éducation technologique en collège sans aucune distinction (âge, sexe, expérience, zone géographique...). Sur les 1200 enseignants ciblés, 129 ont répondu au questionnaire en ligne. Notre échantillon inclut 24 % de femmes et 5 % d'enseignants non titulaires. Il rejoint sur ces valeurs les données nationales concernant les professeurs de technologie en France. La moyenne d'âge des répondants à notre questionnaire est de 47 ans. La moyenne d'âge des enseignants en France, toutes disciplines confondues est de 42,3 ans. La différence entre ces deux derniers chiffres est certainement due au faible recrutement ces dernières années en technologie. Cependant, cette différence reste assez faible. Compte tenu des critères précédents, nous pouvons avancer que notre échantillon est représentatif de la population des enseignants de technologie en France.

D'après les formules de calcul usuelles (calcul d'un intervalle de confiance) pour notre échantillon, avec un niveau de confiance de 95 %, la marge d'erreur obtenue est de 10 %. Ainsi, toute différence de plus de 10 % dans les tableaux suivants sera considérée comme significative lors du traitement de données.

Données

Le questionnaire est organisé en trois parties. La première partie traite de l'état civil et du type de formation professionnelle. Cette partie permet principalement de catégoriser notre échantillon pour les traitements et le croisement de données. Une deuxième partie du questionnaire consiste à recenser les connaissances théoriques et professionnelles des enseignants sur l'AF. Dans cette partie, la première question est une auto-évaluation du niveau des enseignants de compétence en AF : les enseignants se donnent une note entre 0 et 5. Cinq questions portent sur les outils (diagramme des besoins, graphe des interacteurs, cahier des charges fonctionnel, diagramme FAST : *Functional Analysis System Technique*) et sur l'origine de la connaissance des outils. Les deux dernières questions concernent les pratiques de l'AF et le niveau scolaire où chaque professeur enseigne. Une troisième partie du questionnaire vise à recueillir des informations sur les intentions poursuivies par les enseignants quand ils utilisent l'AF. Dans cette partie, les questions sont ouvertes et semi-ouvertes. Une question renseigne sur la situation scolaire : situation de conception d'artefacts, d'analyse de systèmes existants ou autres. Une autre question concerne la manière dont les enseignants ont recours à l'AF.

Traitement des données

Le traitement des données obtenues à partir de questions fermées est quantitatif. Il est réalisé par tri à plat, croisement de variables.

Analyse de l'utilisation de l'AF par les enseignants

Pour des choix de lisibilité, les résultats sont présentés selon deux axes :

- Un premier axe sur la maîtrise et la formation des enseignants à l'outil,
- Un second axe sur les perceptions (au sens de leur posture épistémologique) des enseignants et l'usage de l'outil en classe.

Maîtrise et formation des enseignants à l'AF

Maîtrise déclarée par les enseignants : les enseignants ont auto-évalué leur compétence de l'AF. Les paramètres dépendants ont été choisis pour donner une vision globale pour l'ensemble des enseignants de technologie

dans le but de définir les principales caractéristiques de l'usage de l'AF. Les enseignants se sont donnés une note entre 0 (très faible capacité) et 5 (très bonne capacité). Afin d'obtenir des résultats significatifs et pour simplifier le tableau, l'autoévaluation a été divisée en trois catégories. De 0 à 1 : pas ou peu de maîtrise ; 2 et 3 : maîtrise moyenne ; 4 et 5 : maîtrise élevée.

Maîtrise de l'AF en fonction de la formation

Le tableau ci-dessous récapitule la maîtrise de l'AF en fonction de leur niveau de formation.

Niveau	Effectif	Note de 0 ou 1	Note de 2 ou 3	Note de 4 ou 5
Bac +2 ou moins	19 %	8 %	56 %	36 %
Bac +3	29 %	2 %	53 %	45 %
Bac +4	9 %	10 %	45 %	45 %
Bac +5 et plus	43 %	9 %	44 %	47 %
TOTAL	129	7 %	49 %	44 %

Tableau 1. Niveau de formation et maîtrise déclarée de l'AF.

Ce tableau montre que, sur 129 enseignants, une grande majorité maîtrise l'outil : 44 % le maîtrisent très bien ; 49 % ne le maîtrisent pas parfaitement, mais le connaissent ; seulement 7 % ne le maîtrisent pas.

Quand on regarde leur niveau de formation, on constate pour les enseignants avec un niveau d'études supérieures de 3,4 et 5 ans une répartition équilibrée entre ceux qui annoncent une note de 2 à 3 et ceux qui annoncent une note de 3 à 4. Ce n'est pas le cas pour ceux qui ont effectué deux années d'études universitaires où la répartition est inégale 56 % contre 36 %, ce qui indique une maîtrise globalement moins bonne que pour ceux qui ont entre 3 et 5 ans d'études supérieures.

Il n'est pas surprenant que, quand le niveau d'études augmente, le niveau de capacité augmente. Avec cinq années d'études supérieures, 47 % des enseignants ont déclaré une capacité de haut niveau en AF. Cela indique que l'outil doit être appris et utilisé afin d'améliorer la capacité de l'enseignant à l'utiliser à un niveau adéquat. Or, plusieurs résultats sont surprenants. 7 % des enseignants de technologie ne sont pas familiarisés avec les outils de la matière scolaire qu'ils enseignent. À ces 7 %, si l'on y ajoute les 49 % d'enseignants qui déclarent qu'ils ne contrôlent pas très bien l'outil, on obtient un total de 56 % d'enseignants de technologie qui ne maîtrisent pas les outils de la discipline qu'ils enseignent, ce qui est très alarmant. On ne sait pas si ces enseignants n'étudient pas les systèmes ou

s'ils utilisent d'autres outils pour l'étude des systèmes techniques, comme les cartes mentales, les blocs d'énergie et les descriptions. Nous remarquons également que les enseignants qui utilisent l'AF, l'utilisent quel que soit leur niveau de formation. Toutefois, ces derniers expriment des réserves sur leur capacité à gérer l'outil comme dans le monde industriel de la production.

Maîtrise en fonction de l'âge

Le tableau suivant croise l'âge des enseignants avec le niveau de maîtrise déclarée. Nous avons effectué un regroupement en trois catégories : moins de 40 ans, entre 40 et 50 ans et plus de 50 ans, pour obtenir des effectifs les plus homogènes possible.

Âge	Note de 0 ou 1	Note de 2 ou 3	Note de 4 ou 5
≤ 40	0 %	12 %	13 %
$40 < x \leq 50$	4 %	19 %	12 %
$x > 50$	3 %	18 %	19 %

Tableau 2. Croisement de l'âge et de la maîtrise auto-déclarée de l'AF.

Le regroupement des classes d'âge et le calcul de la moyenne nous indiquent que quelle que soit la tranche d'âge, la répartition est à peu près similaire. Très peu d'enseignants déclarent peu ou pas du tout maîtriser l'AF. On peut cependant noter que chez les plus jeunes, aucun ne s'attribue une note de zéro ou un. Les effectifs se partagent ensuite à peu près également une maîtrise moyenne et une bonne ou très bonne maîtrise et cela quel que soit l'âge, si ce n'est une légère tendance à estimer avoir une maîtrise plutôt moyenne chez les 40-50 ans, ce qui est le cas de 19 % des enseignants.

Le traitement des données brutes (sans regroupement) avec le logiciel de traitement statistique Sphinx donne une corrélation de -0,03 entre l'âge et la maîtrise de l'AF. Cela confirme le résultat précédent qui indique qu'il n'y a pas de relation significative entre ces deux variables. De même, si à la place de l'âge nous prenons en compte la durée de l'expérience professionnelle des enseignants, la corrélation avec la maîtrise de l'AF est de -0,06. Il n'y a donc là aussi aucune relation entre la durée de l'expérience et la maîtrise de l'AF. On note aussi que le coefficient de corrélation multiple est de 0,09. Il n'y a donc pas d'influence combinée de l'âge et de la durée

de l'expérience professionnelle sur la maîtrise de l'AF. Ces résultats confirment donc que ni l'âge ni l'ancienneté dans le métier ne favorisent la connaissance de l'AF chez les enseignants de technologie.

Perception de l'AF par les enseignants

Pour étudier la perception de l'AF par les enseignants, nous avons procédé à un traitement quantitatif des données recueillies.

Dans un premier temps nous avons cherché à savoir comment les enseignants utilisent l'AF. Ceci notamment à travers les principaux outils de l'AF. Puis, dans un second temps, nous avons cherché à connaître les pratiques effectives des enseignants lors de l'utilisation des outils.

- Connaissance des outils de l'AF par les enseignants

Le tableau suivant présente le nombre d'outils connus des enseignants parmi les quatre les plus répandus de l'AF (diagramme des besoins, graphe des interacteurs, cahier des charges fonctionnel [CDCF], FAST).

Nombre d'outils connus sur 4	0	1	2	3	4
% d'enseignants	14 %	11 %	12 %	17 %	46 %

Tableau 3. Nombre d'outils connus par les enseignants.

Les enseignants qui connaissent les quatre outils représentent 46 % du total contre 14 % qui ne connaissent aucun outil.

Ces résultats confirment qu'une moitié des enseignants ont une connaissance des outils de l'AF et que l'autre moitié ne les connaît pas ou à peine. Ceci est à relier aux résultats précédents.

On peut la aussi s'interroger sur la façon dont les enseignants étudient les systèmes dans leur globalité pluri-technologique. La moitié des enseignants étudie les systèmes autrement ou ne les étudie pas.

- Type d'outils utilisés par les enseignants

Le tableau suivant représente le pourcentage d'enseignants qui utilisent les outils différents.

Type d'outils	Diagramme des besoins	Graphe des interacteurs	CDCF	FAST
% d'enseignant utilisant cet outil	56 %	59 %	77 %	57 %

Tableau 4. Utilisation des outils par les enseignants.

Les outils, du plus au moins utilisés, sont dans l'ordre le CDCF (77 %), le graphe des interacteurs (59 %), le diagramme FAST puis le diagramme des besoins (57 et 56 % d'utilisateurs).

- Type d'outils utilisés par les enseignants selon leurs pratiques pédagogiques

Le tableau suivant représente le nombre d'enseignants à l'aide d'outils de l'AF parmi quatre modalités pédagogiques qui sont fréquemment employées en TE.

- Modalité pédagogique 1 : étude de systèmes existants (les systèmes sont présentés à l'élève).
- Modalité pédagogique 2 : conception de systèmes (les systèmes n'existent pas encore : ils sont conçus par les élèves).
- Modalité pédagogique 3 : modalité 1 + modalité 2.
- Modalité pédagogique 4 : les enseignants n'utilisent pas l'AF.

Il met en évidence le lien entre la modalité pédagogique adoptée et le genre d'outils utilisés.

	% d'enseignants	Diagramme des besoins	Graphe des interacteurs	CDCF	FAST
Modalité 1	32 %	34 %	34 %	34 %	34 %
Modalité 2	35 %	34 %	33 %	33 %	32 %
Modalité 3	25 %	32 %	33 %	33 %	34 %
Modalité 4	8 %				

Tableau 5. Répartition des outils par modalités d'enseignement.

Ce tableau montre que 32 % des enseignants utilisent l'AF au cours de l'étude des systèmes existants. Parmi ces 32 % qui ont recours à la modalité 1, les quatre outils sont utilisés autant les uns que les autres (34 % pour chaque outil). 35 % des enseignants utilisent l'AF en conception de système. Parmi ces 35 % d'enseignants qui utilisent la modalité pédagogique 2, les quatre outils sont utilisés dans presque les mêmes proportions, avec une légère augmentation pour le diagramme des besoins et une petite diminution pour le diagramme FAST. 25 % des enseignants recourent à la modalité pédagogique 3, autrement dit 25 % des enseignants utilisent l'AF aussi bien pour étudier des systèmes présentés ou en conception de système. Là encore les quatre outils sont presque autant utilisés, mais cette fois-ci avec une légère baisse pour le diagramme des besoins et une légère augmentation pour le FAST. 8 % des enseignants n'utilisent pas l'AF. Même si l'outil est connu, son utilisation en classe n'est pas rattachée à

une modalité en particulier. Les enseignants recourent à l'AF dans tous les cas. La distribution des outils par modalité d'étude est quasi identique, un tiers en conception, un tiers en étude et un tiers pour les deux. Les outils de l'AF sont, pour les enseignants, utiles pour concevoir et étudier des systèmes techniques. Les outils APTE® et FAST conçus pour faire de la conception sont aussi utilisés pour décrypter des systèmes existants.

- Objectif visé dans l'utilisation des outils

Le tableau ci-dessous présente la répartition des enseignants par objectif pédagogique poursuivi : comprendre l'AF, comprendre le système, comprendre à la fois l'AF et le système.

Objectif	Comprendre l'AF	Comprendre le système	Comprendre l'AF et le système
% d'enseignant	26 %	22 %	52 %

Tableau 6. Répartition des préoccupations pédagogiques.

La moitié des enseignants (52 %) a pour objectif de faire comprendre aux élèves à la fois l'outil de l'AF et le système étudié. 26 % des enseignants cherchent à faire comprendre les techniques de l'AF et n'attribuent pas d'importance au système qui est le support d'étude. 22 % visent la compréhension du système technique et non pas la logique de l'outil qui permet à ces systèmes d'être compris.

Du point de vue d'une posture épistémologique des enseignants, ceci reflète bien leur volonté de faire porter la connaissance à la fois sur les outils et sur la compréhension du système.

Le traitement suivant porte sur la réponse à la question : « Est-ce que l'AF est indispensable à l'analyse d'un système ? Pourquoi ? » Le tableau présente la répartition des 129 enseignants à propos de leurs réponses à cette question.

	Oui	Non	Réponse non catégorique	Pas de réponse	Total
Nb de réponse	46 %	17 %	33 %	4 %	100 %

Tableau 7. Réponses sur la nécessité de l'AF pour l'étude d'un système.

46 % des enseignants répondent que l'AF est indispensable pour l'étude d'un système. 17 % ne la perçoivent pas comme nécessaire. 33 % des enseignants reconnaissent à l'outil certains avantages par rapport à certains objectifs pédagogiques.

Pour éclairer davantage les propos des enseignants quant à la nécessité de l'AF pour l'analyse de systèmes, nous avons catégorisé *a priori* les arguments qu'ils donnent dans leurs réponses et justifications. Cette catégorisation est inspirée d'un travail de recherche antérieur sur l'argumentation en classe de sciences (SAID, 2010). Nous signalons par ailleurs qu'une part de subjectivité pourrait intervenir dans l'attribution de certains arguments d'enseignants à une catégorie ou à une autre. Le croisement d'analyse quantitative et qualitative vient réduire cette part de subjectivité.

Les principales catégories d'arguments sélectionnées sont les suivantes : arguments pédagogiques ; arguments liés à l'expertise ; arguments pragmatiques ; arguments subjectifs.

- Les arguments pédagogiques proviennent de l'intention et des choix pédagogiques qui impliquent l'utilisation (ou pas) de l'AF.
- Les arguments liés à l'expertise sont les arguments fondés sur la référence à un expert (architecte, autre professionnel...).
- Les arguments pragmatiques proviennent de bases utilitaristes qui justifient l'utilisation (ou pas) de l'AF (par nécessité ou par absence de nécessité).
- Les arguments subjectifs reflètent un ressentiment personnel par rapport à l'AF.

Le tableau ci-dessous renseigne sur la fréquence des différents types d'arguments avancés par les enseignants pour justifier leur avis sur la nécessité (ou pas) de l'usage de l'AF dans l'enseignement de l'ET au collège.

Catégories d'arguments	AF utile	AF non utile	Les 2
pédagogique	13 %	6 %	12 %
pragmatique	20 %	5 %	16 %
expert	0 %	2 %	0 %
subjectif	2 %	3 %	5 %
sans arguments	11 %	2 %	1 %
Total	48 %	18 %	34 %

Tableau 8. Pourcentage d'enseignants par types d'arguments et utilisation de l'AF.

Parmi les enseignants qui considèrent que l'AF est indispensable, 13 % avancent des arguments d'ordre pédagogique liés très souvent à l'idée de motivation (cela permet d'éviter les contresens, de voir toutes les solutions techniques) ou à la complexité de la tâche (rencontrer l'aspect théorique

de l'AF, comprendre la totalité du système). 20 % des enseignants qui adhèrent à la nécessité de l'AF se basent sur des arguments pragmatiques comme permet de faire émerger les fonctions d'usage, éclaire le processus de réalisation d'un objet technique. Seulement 2 % d'entre eux tiennent à la nécessité de l'AF pour des raisons personnelles purement subjectives.

Parmi les enseignants qui considèrent que l'AF n'est pas indispensable, 6 % avancent des arguments d'ordre pédagogique. Ces derniers, cette fois-ci, sont liés très souvent à l'idée de complexité et d'abstraction de l'outil que les enseignants déclarent totalement inadapté aux élèves. 5 % des enseignants qui considèrent que l'AF n'est pas indispensable se basent sur des arguments pragmatiques liés à l'utilité de cette démarche (peu accrocheur, existence d'autres outils). Seulement 3 % d'entre eux tiennent à la nécessité de l'AF pour des raisons personnelles purement subjectives (« je n'aime pas cet outil », « abstrait »). Cette fois-ci, 2 % d'entre eux font référence à des arguments liés aux experts et aux professionnels.

34 % des enseignants ont émis un avis nuancé sur la nécessité de l'AF. 12 % de cette catégorie d'enseignants avancent des arguments plutôt pédagogiques (méthode donnée par l'enseignant). 16 % évoquent des arguments pragmatiques (« permet d'avoir une vision complète et d'éviter des oublis », « apporte un cadre structurant pour l'analyse de système »). Seulement 5 % d'entre eux se basent sur des arguments purement subjectifs (« atout pour la construction d'un projet »). Aucun argument lié à l'expert n'est évoqué et 1 % ne donnent aucune justification.

On remarque que les arguments pragmatiques et pédagogiques sont liés et se complètent. Ceci explique que les choix pédagogiques des enseignants sont étroitement liés aux besoins de relier la connaissance du monde industriel à l'enseignement de l'éducation technologique.

CONCLUSION

À travers cette étude, nous avons interrogé l'usage de l'outil de l'AF par les enseignants français au collège (élèves de 11-14 ans) en essayant de comprendre comment et dans quel but ils peuvent avoir recours à cet outil. Les résultats indiquent que le recours à l'AF est lié à leur niveau d'études universitaires.

Les résultats indiquent également que, contrairement à l'industrie (où le recours à l'AF est exclusif à la conception de systèmes techniques), la plupart des enseignants utilisent l'AF aussi bien pour étudier des systèmes existants que pour les concevoir. Les enseignants qui recourent

à l'AF défendent leurs pratiques en avançant des arguments plutôt pragmatiques puis pédagogiques : « besoin d'atteindre l'objectif », « de relier la référence industrielle à l'enseignement », « besoin de rendre attractif et plus compréhensible le système par les élèves ».

Pour les enseignants qui ne recourent pas à l'AF, ces derniers ne voient pas l'utilité ni le besoin d'un tel outil qui leur semble complexe et peu attractif et qui peut être remplacé par d'autres méthodes pédagogiques. Ces enseignants avancent une posture épistémologique qui sépare la référence industrielle du domaine d'enseignement de l'éducation technologique. Une dernière catégorie d'enseignant a recours à l'AF dans certaines circonstances en fonction de leur besoin et des finalités.

La combinaison et la corrélation entre les différentes variables feront partie d'une œuvre plus vaste, basée sur un cadre théorique, non détaillé ici, dans le but de préciser comment les artefacts sont instrumentés par les enseignants et utilisés par les élèves.

Cette étude exploratoire bien que menée à partir des pratiques déclarées par les enseignants vient enrichir la panoplie de recherches en éducation technologique sur la problématique de séparation à la référence industrielle. Ainsi se pose la question de la légitimité et de l'existence de cet enseignement, mais aussi celle de la formation des enseignants dans ce domaine.

Il serait ainsi intéressant de poursuivre cette recherche en observant plus attentivement l'évolution des positions épistémologiques, en étudiant les pratiques efficaces dans la salle de classe. Ceci contribuerait à spécifier le champ de connaissances, avec une analyse fine des relations entre les références industrielles et les bases éducatives d'une culture commune. Cela donnerait également du sens à ce qui se passe au cours des activités scolaires et interrogerait au sujet de l'efficacité de ces enseignements et de ces apprentissages.

Références

- AIM, R. (2013). *L'essentiel de la théorie des organisations 2013*. Paris : Gualino éditeur.
- BARAK, M. (1990). Imparting Basics in Technology through an Instructional System for Computerised Process Control. *Research in Science and Technological Education*, 8(1), 53-67.
- BARAK, M. (2007). Problem-solving in technology education: The role of strategies, schemes and heuristics. Dans D. Barlex (Ed.), *Design & technology – for the next generation* (p. 152-167). London : The Technology Enhancement Program and the Nuffield Design and Technology Project.
- BROWN, J. S., COLLINS, A. et DUGUID, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational researcher*, 18(1), 32-42.

- CHATONEY, M. (2003). *Construction du concept de matériau dans l'enseignement des « sciences et technologie » à l'école primaire : perspectives curriculaires et didactiques*. Thèse de doctorat. Université de Provence, Aix-en-Provence, Bouches-du-Rhône, France.
- CHATONEY, M. (2005). Organiser des activités de production à l'école primaire sélectionner des matériaux avec des élèves de 6 ans. *Aster*, 41(1), 139-158.
- CHATONEY, M. (2013). Étudier, concevoir, fabriquer et utiliser des artefacts techniques. HDR, AMU.
- de Rosnay, J. (1977). *Le Macroscopie : vers une vision globale*. Paris : Éditions du Seuil.
- de Vries, M. (2005). *Teaching about Technology: An Introduction to the Philosophy of Technology for Non-philosophers*. Dordrecht, The Netherlands : Springer.
- DEFORGE, Y. (1993). *De l'éducation technologique à la culture technique : Pour une maîtrise sociale de la technique*. Paris : ESF.
- DORST, K. (2006). Design problems and design paradoxes. *Design issues*, 22(3), 4-17.
- DUREY, A. et VERILLON, P. (1996). La technologie : unité et diversité d'un enseignement. *Aster*, 23, 3-8.
- GARTISER, N. et DUBOIS, S. (2005). Du problème à son processus de résolution : entre positivisme et constructivisme. Application à la conception de systèmes techniques. Dans *Les actes de la Conférence de l'AIMS*. Angers, France.
- GILLE, B. (1978). *Histoire des techniques*. Paris : Gallimard.
- GINESTIÉ, J. (2000). *Contribution à la constitution de faits didactiques en éducation technologique : curriculum vitae et publications* (HDR). Université de Provence, Aix-en-Provence, Bouches-du-Rhône, France.
- GRAUBE, G., DYRENFURTH, M. J. et THEUERKAUF, W. E. (2003). *Technology Education: International Concepts and Perspectives*. Frankfurt am Main : Peter Lang Pub Incorporated.
- HARLÉ, I. (2012, 11 septembre). L'enseignement de la technologie de 1960 à nos jours : réformes et débats – Démocratisation scolaire [groupe de recherche].
- HOWARD, R. A. (2007). The Foundations of Decision Analysis Revisited. Dans *Advances in Decision Analysis* (vol. 1, p. 32-56). New York : Cambridge University Press.
- INHEDER, B. et CELLERIER, G. (1992). *Le Cheminement des découvertes de l'enfant : recherche sur les micro-genèses cognitives*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- LE MOIGNE, J. L. (1999). *La modélisation des systèmes complexes*. Paris : Dunod.
- MORIN, E. (1990). *Introduction à la pensée complexe*. Paris : ESF Éditeur.
- SAID, F. (2010). *Débat scientifique en classe et acculturation scientifique chez des élèves français de seconde et des élèves tunisiens du secondaire*. Thèse de doctorat. Université de Bordeaux 2 et Université de Tunis.
- SCARAVETTI, D. (2004). *Formalisation préalable d'un problème de conception pour l'aide à la décision en conception préliminaire*. Bordeaux : ENSAM
- SIMON, H. A. (1996). *Models of my life* (1st MIT Press ed). Cambridge, Mass : MIT Press.
- SIMONDON, G. (1989). *Du mode d'existence des objets techniques*. Lonrai : Aubier Philosophie.
- VERNAT, Y. (2004). *Formalisation et qualification de modèles par contraintes en conception préliminaire*. Paris : Arts et Métiers ParisTech.
- VON BERTALANFFY, L. (1973). *General system theory: foundations, development, applications*. New York : G. BRAZILLER.
- ZEHTABAN, L. et ROLLER, D. (2012). Systematic Functional Analysis Methods for Design Retrieval and Documentation. *International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering*, 6(12), 1015-1020.

Chapitre 9

Patrice Laisney
et Jean-François Hérold

Analyse de l'activité d'élèves dans
une tâche de conception d'objet
en éducation technologique

Analyse de l'activité d'élèves dans une tâche de conception d'objet en éducation technologique

Patrice Laisney et Jean-François Hérold

INTRODUCTION

Dans l'enseignement de la technologie au collège, la conception recouvre l'ensemble des tâches permettant d'aboutir aux choix définitifs de solutions satisfaisant aux exigences fonctionnelles et aux performances attendues. Cette activité constitue la plupart du temps une réponse à un cahier des charges fonctionnelles (CDCF). Dans cette perspective, l'étude des solutions est effectuée par les élèves au cours de tâches de conception concrétisées sous la forme de dessins mettant en œuvre des outils informatisés tels que des logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO) et de prototypage. Enfin, l'évaluation des solutions doit permettre d'effectuer un choix selon les points de vue des coûts, de la faisabilité, des risques et de leur combinaison.

Les premiers résultats de cette recherche en cours confirment l'hypothèse selon laquelle le dessin à la main favorise une exploration plus large des solutions possibles. L'introduction, dans un second temps, des outils de CAO permet d'obtenir un modèle de l'objet qui s'enrichit grâce à l'assistance offerte par ces outils aux élèves. Cet aspect concernant la nécessaire diversité des réponses produites par les élèves est un élément central permettant d'organiser des confrontations entre eux. Ces confrontations les amènent à développer une argumentation au niveau des choix de conception qu'ils ont eus à opérer pour aboutir à leur(s) solution(s). C'est dans cette confrontation que les enjeux de savoirs vont être mobilisés et seront à l'origine des apprentissages. Cependant, pour qu'il y ait confrontation, il faut créer les conditions pour que les élèves produisent

suffisamment de solutions variées. Il s'agit alors de regarder comment le processus créatif de conception d'objets, dans une activité d'élèves en classe de technologie au collège, peut être favorisé, par exemple, à l'aide d'un système informatique d'impression 3D.

APPROCHE THÉORIQUE DE L'ACTIVITÉ DE CONCEPTION

Concevoir, c'est résoudre un problème

Concevoir un objet relève de processus complexes qui consistent à prévoir une matérialité à un objet qui n'existe pas encore et qui n'existe que dans l'esprit de ceux qui le conçoivent (LEBAHAR, 2008). Ainsi, le mode d'existence des objets techniques repose en grande partie sur la capacité à organiser l'activité humaine en l'orientant vers une fin, celle de produire un objet (LEBAHAR, 2009 ; VÉRILLON et ANDREUCCI, 2006). Le processus de conception est assimilé à une stratégie de résolution de problèmes ouverts sur plusieurs solutions où les interactions entre fonctionnement-fonction-structure-forme-matière supposent des niveaux de description et d'intégration des contraintes (ANDREUCCI et CHATONEY, 2009 ; CHATONEY, 2009). Résoudre un problème, c'est tout d'abord élaborer, construire une interprétation de la situation-problème, une « représentation mentale », qui permet d'établir le but, ou le sous-but, à atteindre et les moyens d'atteindre ce but, ou ce sous-but (RICHARD, 2005). Pour cela, l'élève doit disposer en mémoire des connaissances nécessaires pour construire cette représentation. Selon Visser (2004), si les représentations occupent une place centrale dans l'activité du sujet-concepteur, ces représentations peuvent être internes (on parle alors de « représentations mentales »), mais aussi externes (GIBSON, 1979 ; HUOT, 2005 ; LEBAHAR, 2007 ; SAFIN, 2011) et utiliser différents systèmes sémiotiques : modalités verbales, gestuelles ou graphiques sous forme de dessins, de modèles, mais aussi de maquettes ou de prototypes réalisés avec des moyens de production. Ensuite, dès que l'élève réalise une action, il doit pouvoir interpréter le résultat de son action afin de réguler son activité cognitive.

Si concevoir, c'est résoudre un problème (TRICOT, 2007 ; BONNARDEL, 2009) alors aider un élève à résoudre un problème de conception peut être de :

- Lui proposer et de décrire une procédure à suivre ;
- Donner une liste de contraintes à satisfaire ;
- Lui apporter des conseils ;
- Lui proposer une assistance à l'évaluation de la solution.

Parmi les assistances à l'évaluation de la solution possibles, le système informatique d'impression 3D peut, de notre point de vue, favoriser le processus de recherche de solutions en permettant des « allers-retours » (processus de reconception) entre le modèle numérique et l'objet fabriqué (LIPSON, KURMAN et ROZENBAUM, 2014). Le système informatique d'impression 3D doit alors jouer ce rôle d'assistance à l'évaluation d'une solution possible, solution toujours difficile à se représenter en début de processus de conception. En effet, d'après Mayer (2008) cité par Hérold (2012), l'interprétation de la situation-problème, sa représentation, demeure l'une des principales difficultés pour les élèves dans leurs activités de résolution de problèmes.

Modèle général de l'activité de conception créative

Le modèle général de l'activité de conception, emprunté à Lebahar (1983), permet de décrire le processus de conception. Ce modèle général des aspects cognitifs de la conception assimile cette activité à la « résolution de problèmes mal définis » (SIMON, 1991). Dans une activité de conception, le sujet doit élaborer un objet à la fois novateur et adapté au contexte. Le sujet est alors amené, pour concevoir cet objet, à développer des idées, générer des solutions nouvelles et adaptées à la situation. Pour Bonnardel (2006), il s'agit là d'une activité que l'on peut qualifier de « créative ». Cette notion de créativité se développe au travers des mécanismes qu'elle met en jeu : l'exploration, la génération de solutions et l'évaluation.

Le modèle de Lebahar tient compte d'un aspect essentiel dans l'activité de conception : le recours au dessin sous toutes ses formes, y compris par l'utilisation d'outils informatiques. Le dessin est à la fois un support figuratif et un outil de la pensée. Plus précisément, le croquis est considéré comme un outil contribuant à la construction de représentations mentales, partie intégrante des activités de conception créative, fixant les idées dans les premières phases de la conception (GOËL, 1995 ; SCHÖN, 1983). Ces représentations visuelles dessinées, qui prennent plusieurs formes suivant les phases de la conception, sont recombinaisons, modifiées et adaptées.

Dans le modèle de Lebahar (1983), les intermédiaires graphiques apparaissent dans chacune des trois grandes étapes du processus de conception :

- Phase d'exploration. Dans cette première phase, le sujet va cerner (élaboration d'un « diagnostic ») et définir le problème à résoudre au regard des contraintes. Il est alors en phase d'exploration et le résultat sera une première « base graphique de simulation », mélange de notes et de premiers dessins.

- Phase de génération des solutions. Dès lors, le sujet va entamer une recherche de l'objet à concevoir par simulation graphique en évaluant les différentes solutions envisagées lors de la phase d'exploration, ceci dans un processus incrémental et itératif. C'est le dessin qui va être le vecteur privilégié de cette démarche. Comme le souligne Lebahar (2007), il représente l'objet en création et la pensée qui le crée.
- Phase d'élaboration du modèle (« modélisation »). Dans cette phase, le sujet définit des représentations graphiques précises, destinées à rendre claire la solution pour la fabrication. C'est la « décision définitive » concernant l'ensemble du projet (plans, dessins précis avec une échelle spécifiée, etc.).

Comprendre l'activité de conception d'un élève de collège

À défaut d'un « modèle opérationnel » permettant de comprendre l'activité d'un élève de collège en situation de résolution de problèmes de conception, nous avons pris en référence le modèle théorique de la « conception créative » de Lebahar (1983, 2007). Des premiers résultats de recherche ont permis l'élaboration d'une nouvelle modélisation (figure 1) qui vient enrichir le modèle initial de la conception créative de Lebahar, en éclairant la zone d'incertitude dans laquelle l'usage du dessin traditionnel « à la main » et des outils de CAO favorisent le processus de résolution de problèmes chez des élèves de collège.

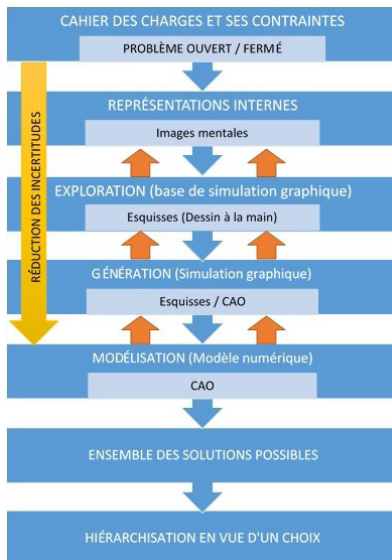


Figure 1. Modélisation de la conception créative (LAISNEY, 2012b).

Cette modélisation prend en compte le type de problèmes posés et son adéquation avec les outils mis en œuvre (dessin à la main et CAO) et à leur articulation dans les différentes phases de la conception créative : exploration, génération et modélisation du modèle de Lebahar.

La portée de ces premiers résultats de recherche et de ses conclusions reste contingente des situations, des problèmes et des outils spécifiques. Nous considérons qu'elle permet d'envisager quelques éléments qui contribuent à la compréhension du

processus d'enseignement-apprentissage de la conception en technologie au collège. Cette compréhension étant pour nous un préalable pour envisager la préconisation de situations d'enseignement-apprentissage véritablement « efficaces » du point de vue de l'apprentissage des élèves dans le cas d'apprentissages complexes comme le processus de conception d'objets.

Le procédé d'impression 3D

Contrairement aux machines-outils à commande numérique (MOCN) utilisées habituellement dans les laboratoires de technologie au collège, qui procèdent par enlèvement de matière, les imprimantes 3D permettent d'obtenir des objets complexes par ajout de matière. Les contraintes d'obtention de forme comme les « contre-dépouilles » et la prise en compte du rayon de l'outil n'existent plus dans ce cas et les élèves, « libérés » de celles-ci, ont une plus grande latitude dans leur recherche de solutions. De plus, les temps d'usinage avec une MOCN sont supérieurs au temps de réalisation avec une imprimante 3D.

Plus généralement, les nouvelles possibilités offertes par le prototypage rapide à l'aide d'imprimante 3D ont été énoncées par Lipson, Kurman et Rozenbaum (2014) à travers les dix règles de l'impression 3D, formalisant ainsi toutes les « promesses » de ce nouveau procédé de fabrication d'objet :

- La complexité ne coûte rien ;
- La variété ne coûte rien ;
- Aucun assemblage n'est requis ;
- Aucun délai de fabrication ;
- Des possibilités de conception illimitées ;
- Aucune compétence nécessaire ;
- Une production compacte et portable ;
- Moins de gaspillage de matière ;
- Une gamme infinie de matériaux ;
- Une reproduction physique précise.

De ce fait, l'imprimante 3D peut être envisagée comme un moyen de représentation participant au processus de conception créative, favorisant une recherche de solutions variées et permettant de générer des apprentissages tant au niveau instrumental (usage des outils) qu'au niveau du processus de conception lui-même.

ANALYSER L'ACTIVITÉ DE CONCEPTION ?

Nous l'avons vu, concevoir un objet est une activité complexe. Il est difficile, voire impossible, d'accéder à toute l'activité déployée par le sujet en train de concevoir un objet. L'enjeu méthodologique de cette recherche relève de l'analyse de l'activité des élèves confrontés à des situations de conception. Nous privilégions l'articulation tâche-activité (GINESTIÉ, 2008 ; LEPLAT et HOC, 1983) comme analyseur des situations didactiques dans une approche cognitive de la conception créative chez des élèves en classe, visant à identifier les représentations mentales, les connaissances mobilisées et les processus cognitifs impliqués dans cette activité de conception créative. L'analyse porte alors sur les traces de l'activité des élèves dans ce qu'elles représentent en termes de résultats dans la réalisation d'une tâche, l'activité étant entendue comme une suite d'actions circonscrites à la réalisation de la tâche prescrite.

L'acquisition des savoirs relève de la construction de sens au travers des situations proposées aux élèves. Cette construction relève de l'articulation tâche-activité telle qu'elle a été étudiée dans la théorie de l'activité. De nombreux travaux (COLLIS et MARGARYAN, 2004 ; ENGSTRÖM et SANNINO, 2010 ; GINESTIÉ et TRICOT, 2013) montrent tout l'intérêt de ce paradigme pour penser les situations d'enseignement dans les domaines scientifiques et technologiques. En éducation technologique, les élèves sont amenés à devoir réaliser des tâches prescrites par l'enseignant dans des environnements d'apprentissage censés leur permettre de construire une compréhension du monde à partir des objets, physiques ou conceptuels, qu'ils manipulent et sur lesquels ils réfléchissent. La réalisation de ces tâches, à travers l'activité de l'élève, va permettre à ce dernier de construire en mémoire les connaissances relatives aux savoirs enseignés et qui sont en jeu dans la situation d'enseignement-apprentissage. De ce fait, comprendre comment un élève apprend en classe, ou comprendre pourquoi il n'apprend pas, nécessite de comprendre l'activité de l'élève en classe : tout d'abord, par une analyse *a priori* de la tâche prescrite ; ensuite, par une analyse *a priori* de l'activité de l'élève pour réaliser cette tâche prescrite (GINESTIÉ et TRICOT, 2013) ; enfin, d'analyser, si possible, les représentations de la situation construites par l'élève en activité en classe, ainsi que les connaissances qu'il mobilise et les processus cognitifs activés (BASTIEN et BASTIEN-TONIAZZO, 2004).

Dans ce travail de recherche en cours, une première étude, à caractère exploratoire, nous a permis de procéder à un état des lieux à propos de l'usage, en classe, des imprimantes 3D par les professeurs de technologie

au collège dans l'académie d'Aix-Marseille (France). Cette étude exploratoire s'est faite en deux temps. Dans un premier temps, une enquête auprès d'une centaine de professeurs de technologie a été réalisée. Dans un second temps, nous avons expérimenté une séquence d'enseignement dans laquelle les élèves devaient résoudre un problème de conception en ayant recours à une imprimante 3D. Une première analyse quantitative de l'activité de conception des élèves a alors été effectuée.

L'ÉTUDE EXPLORATOIRE : MISE EN ŒUVRE DU DISPOSITIF DE RECUEIL DES DONNÉES

Un état des lieux à propos de l'usage des imprimantes 3D fait par les professeurs de technologie au collège dans l'académie d'Aix-Marseille (France) a été réalisé (enquête). L'analyse des réponses à un questionnaire auquel une centaine d'enseignants ont répondu nous a permis de constater l'intérêt que représentent ces nouveaux équipements pour l'enseignement de la technologie. Cette tendance mérite néanmoins d'être confirmée sur une population plus large. L'académie d'Aix-Marseille est actuellement dans une phase d'équipement des établissements scolaires en imprimantes 3D, et les usages, même s'ils sont encore peu observés, compte tenu du taux d'équipement actuel, sont fortement liés à l'activité de conception des objets, activité que nous envisageons d'analyser pour comprendre son processus d'enseignement-apprentissage.

Dans un second temps, nous avons expérimenté une séquence d'enseignement dans laquelle les élèves devaient résoudre un problème de conception en ayant recours à une imprimante 3D. Cette expérimentation concerne deux classes de 3^e de collège (élèves de 14-15 ans, grade 9) dans cinq établissements de l'académie d'Aix-Marseille, soit au total dix classes (270 élèves). Les analyses de la tâche et de l'activité *a priori* des élèves nous permettent d'identifier les savoirs en jeu et de définir l'espace des solutions possibles au problème posé. Suite à l'expérimentation, l'analyse de l'activité déployée par les élèves au travers des traces relevées des différents états de représentation de l'objet à concevoir (esquisses, fichiers numériques et pièces imprimées) permet de comprendre comment les élèves procèdent à la recherche de solutions. À partir des résultats de l'analyse de ces traces, nous pouvons montrer le rôle de l'usage des imprimantes 3D par les élèves et enrichir éventuellement notre modélisation de la conception créative (figure 1) en situant précisément l'introduction de ce nouvel outil, pour favoriser le processus créatif de conception d'objets par des élèves de collège. Pour atteindre cet objectif, cette étude, centrée

sur l'élève, devra être prolongée par une analyse de l'activité de l'enseignant pour préciser son rôle dans la conduite de l'action des élèves ainsi que par une analyse conjointe de l'activité des élèves afin d'identifier les connaissances mobilisées et les processus activés.

Analyse de la tâche de conception

La situation d'enseignement est proposée à des professeurs de technologie au collège volontaires, issus de la population préalablement questionnée. Parmi les professeurs déjà équipés qui utilisent leur imprimante 3D avec leurs élèves, cinq ont donné leur accord pour expérimenter le dispositif. Cette expérimentation a eu lieu au cours de l'année scolaire 2015-2016.

Nous proposons de tester une ingénierie didactique (MUSIAL, PRADÈRE, et TRICOT, 2012), communicable et reproductible, formalisée par la séquence d'enseignement. Il s'agit pour les élèves de concevoir et de fabriquer une protection (coque) pour téléphone mobile à l'aide d'une imprimante 3D, à partir d'un modèle de téléphone préalablement choisi par le professeur et ses élèves. Le cahier des charges initial communiqué aux élèves pourra évoluer au cours du processus de conception en précisant notamment la nature des fonctions de service complémentaires proposées par les élèves. Les élèves disposent des outils traditionnels de dessin (papier/crayon), d'un logiciel de CAO couramment utilisé en technologie au collège (*SolidWorks*© ou *Google Sketch Up*©) et d'une imprimante 3D.

La planification des séances a été construite à partir de notre modélisation de la conception créative. Chaque séance permet d'envisager les allers-retours possibles entre chacune des phases permettant l'élaboration des solutions au problème dans un processus itératif :

- La séance 1 ou « phase d'exploration » : Il s'agit pour les élèves de prendre connaissance collectivement du cahier des charges initial qui constitue la commande et de procéder individuellement à la recherche de solutions en ayant recours aux outils de dessin traditionnels (esquisses réalisées « à la main »).
- La séance 2 ou « phase de génération » : Après une première revue collective des esquisses réalisées, les élèves peuvent revenir sur la définition du cahier des charges initial, le faire évoluer et l'enrichir. Ils poursuivent ensuite individuellement leur recherche de solutions à l'aide des outils de dessin traditionnels et du logiciel de CAO.
- La séance 3 ou « phase de modélisation » : Les élèves réalisent chacun le modèle numérique précis de leurs solutions à l'aide du logiciel de CAO et les présentent à leurs pairs en vue d'un choix.

- La séance 4 : Les élèves finalisent les modèles numériques. Une reconception éventuelle s'en suit pour arriver au choix définitif.

Ainsi posé, il s'agit d'un problème ouvert sur plusieurs solutions possibles que les élèves pourront explorer. Dans ce cas, les élèves sont confrontés aux choix de la forme, des dimensions, de la structure et des matériaux utilisés. Ils devront mobiliser des connaissances relatives aux caractéristiques physiques des matériaux, à leurs procédés de mise en forme et des connaissances procédurales liées à l'usage des outils du dessin traditionnel et de CAO. En partant d'un objet proche de leur environnement quotidien, ce problème de conception doit susciter l'intérêt des élèves et leur motivation (implication en engagement dans la tâche), leur permettre d'élaborer des solutions nouvelles en innovantes (créativité).

Analyse de l'activité a priori des élèves

La tâche décrite précédemment va être à l'origine d'une activité déployée par les élèves. Ils devront, pour surmonter leurs difficultés et réaliser les tâches, réfléchir, inventer et proposer des solutions à l'aide des ressources et des outils de représentation mis à leur disposition en tenant compte des contraintes telles qu'elles sont décrites dans le cahier des charges, sachant qu'il n'existe pas *a priori* de formalisation, sous la forme d'une procédure, qui puisse rendre compte de façon unique et qui permette d'élaborer une solution à ce type de problème de conception. Pour autant, notre modélisation de la conception créative (figure 1) nous donne les principales phases d'un processus itératif. Ce modèle nous permet de cibler les moments privilégiés du processus de conception que sont l'exploration, la génération et la modélisation des solutions possibles au travers de la production d'intermédiaires graphiques. Grâce à des moyens de fabrication rapide, nous serons en mesure de voir comment les élèves ont recours aux imprimantes 3D.

Recueil et analyse des données

Comme nous l'avons vu, cette tâche de conception relève d'un problème « ouvert », c'est-à-dire qu'il s'agit d'un problème dont l'ensemble des solutions est varié. Pour étudier la variété présente dans les productions des élèves, particulièrement lorsqu'ils sont confrontés à un problème ouvert, nous distinguons trois champs notionnels définis par Rabardel et Vérillon (1987) et Rabardel (1989) : la géométrie, la technologie et le code. La géométrie permet de penser les formes des objets représentés ; la technologie permet de penser les caractéristiques de la matière,

les mouvements relatifs des pièces constitutantes, leur structure et les fonctions des formes ; et enfin le code qui s'articule avec les deux précédents champs notionnels en associant les deux plans des signifiants et des signifiés. Dans cette optique, l'ensemble des traces écrites (esquisses, schéma...), numériques (modèle 3D) et des prototypes fabriqués à l'aide de l'imprimante 3D seront relevés et analysés. Le tableau 1 donne les indicateurs pris en compte pour l'analyse des solutions au regard des champs notionnels relatifs à deux fonctions du CDC (pour exemple).

Fonction (CDC)	Champs notionnels	Forme	Structure	Matériaux
Protéger le smartphone des chocs dus à une utilisation normale	Géométrie			Épaisseur maxi
	Technologie	Zones sensibles du smartphone à protéger Absorption des chocs Solidaire du smartphone	Absorption des chocs Nombre de pièces Mobilité des pièces	Propriétés mécaniques Absorption des chocs (ABS)
	Code	Représentation graphique 2D/3D		Texture
S'adapter au smartphone sans l'endommager	Géométrie	Respect des dimensions du smartphone		
	Technologie	Se mettre en place et se retirer facilement du smartphone	Nombre de pièces Mobilité des pièces	Propriétés mécaniques (flexibilité, rugosité)
	Code	Représentation graphique 2D/3D	Représentation graphique 2D/3D	Texture

Tableau 1. Indicateur d'analyse des solutions.

L'analyse de ces traces de l'activité des élèves permettra de vérifier nos hypothèses. Est-ce que le « passage rapide » du modèle numérique 3D à l'objet matériel fabriqué favorise la phase de modélisation et l'intégration des contraintes du cahier des charges ? Est-ce que l'usage de l'imprimante 3D contribue à une recherche de solutions plus large et plus variée ? L'objectif étant de reconstituer les étapes du processus de conception conduit par les élèves et d'identifier les moments d'élaboration des choix au regard des outils mis en œuvre (dessin traditionnel, CAO et impression 3D).

PRINCIPAUX RÉSULTATS

Le tableau 2 donne pour chaque collège, le nombre de solutions élaborées par les élèves, selon les outils utilisés et les différentes phases du processus de conception depuis les premières esquisses jusqu'aux impressions 3D réalisées et aux éventuelles reconceptions.

Les tableaux 3, 4 et 5 présentent les résultats obtenus au travers de l'analyse des intermédiaires graphiques réalisés par les élèves au cours du processus de recherche de solutions. Ils permettent de comparer les solutions élaborées à l'aide d'esquisses (séances 1 et 2) et du modèleur 3D (séances 2 et 3) correspondant aux phases d'exploration, de génération et de modélisation.

Impression 3D des solutions

On constate que le nombre de solutions modélisées par les élèves est inférieur au nombre de solutions esquissées. De la même manière, le nombre de solutions imprimées est inférieur au nombre de solutions modélisées. Cela s'explique par le fait qu'ils ont dû faire des choix en équipe suite à des « revues de projet » lors des séances 2 et 3, conformément au dispositif prévu. Ils ont donc été amenés à éliminer certaines solutions. Mais la plupart du temps, ce choix ne s'est pas fait uniquement sur des critères de pertinence au regard du cahier des charges, mais en fonction de la complexité ou non des formes esquissées qu'ils devaient modéliser.

Lors de la séance 4, les élèves impriment les solutions choisies, et seul un enseignant (collège C) a mis les élèves en situation de reconception afin de modifier leurs modèles numériques pour procéder à une nouvelle et dernière impression.

Solutions esquissées	Solutions modélisées	Solutions imprimées	Solutions reconçues
Collège A (2 classes, 54 élèves)			
52	22	8	0
Collège B (2 classes, 52 élèves)			
48	30	10	0
Collège C (2 classes, 50 élèves)			
47	17	11	2
Collège D (2 classes, 58 élèves)			
52	25	12	0

Collège E (2 classes, 56 élèves)			
51	26	10	0
Totaux			
250	120	51	2

Tableau 2. Solutions élaborées par les élèves.

Élaboration des solutions

En termes de « forme » (tableau 3), il n'existe pas de différence significative au niveau de la technologie, mais on note de fortes différences au niveau de la géométrie et du code que l'on attribue aux spécificités des outils utilisés, comme la faible proportion d'esquisses cotées (6 %) alors que la réalisation des modèles numériques suppose de fait un dimensionnement.

Forme	Esquisses (n = 250)	Modèles 3D (n = 120)
Géométrie		
Absence de cotation	57 %	0 %
Cotation partielle	37 %	0 %
Cotation complète	6 %	100 %
Respect des dimensions du smartphone	85 %	78 %
Respect des dimensions de l'imprimante 3D	90 %	78 %
Technologie		
Protection de l'ensemble du smartphone	88 %	96 %
Protection des zones sensibles	12 %	4 %
Optimisation du volume	11 %	7 %
« Innovation »	21 %	11 %
Code		
2D	46 %	0 %
3D	54 %	100 %
Informations textuelles	36 %	0 %

Tableau 3. Résultats en termes de « forme ».

En termes de « structure » (tableau 4), il existe des différences significatives entre les solutions esquissées et les solutions modélisées, tant au niveau de la géométrie que de la technologie. L’empan des solutions élaborées par les élèves est plus grand, explorant ainsi plus largement l’espace du problème posé. À l’aide du modèleur 3D, les solutions se concentrent exclusivement sur une pièce unique avec une structure d’« enveloppe ». Ces résultats viennent confirmer les résultats de Laisney (2012b). Ainsi, on peut faire le constat d’une plus grande variabilité de solutions lorsque les élèves utilisent les outils de dessin « traditionnel » (esquisses à la main) que lorsque les élèves utilisent un modèleur 3D.

Structure	Esquisses (n = 250)	Modèles 3D (n = 120)
Géométrie		
« Pochette »	12 %	0 %
« Enveloppe »	76 %	100 %
« Squelette »	8 %	0 %
« Clapet »	4 %	0 %
Technologie		
1 pièce	94 %	78 %
2 pièces	5 %	0 %
3 pièces	1 %	0 %
Mobilités des pièces	4 %	0 %
Absorption des chocs	4 %	4 %
Fonctions complémentaires	24 %	11 %
Code		
2D	46 %	0 %
3D	54 %	100 %
Informations textuelles	26 %	0 %

Tableau 4. Résultats en termes de « structure ».

En termes de « matériaux » (tableau 5), les différences observées relèvent là encore des spécificités des outils qui favorisent ou non la prise en compte et la définition des matériaux utilisés. Pour les esquisses, 95 % ne définissent pas la nature des matériaux, même si les solutions

représentées ont recours à différentes pièces nécessitant des propriétés physiques ou mécaniques adaptées à leurs fonctions. Avec le modelleur, il est plus facile pour les élèves de représenter les matériaux à l'aide des outils « couleur » ou « texture ».

Matériaux	Esquisses (n = 250)	Modèles 3D (n = 120)
Géométrie		
Absence de définition	95 %	33 %
Matériaux définis	5 %	66 %
Technologie		
1 matériau	88 %	100 %
2 matériaux	12 %	0 %
Matériaux « innovants »	3 %	0 %
Code		
Absence	95 %	33 %
Couleur	2 %	44 %
Texture	3 %	23 %

Tableau 5. Résultats en termes « matériaux ».

SYNTHÈSE

En termes de formes et de structures, on observe plus de variabilité des solutions élaborées dans la phase d'exploration à l'aide d'esquisses et moins de variabilité des solutions modélisées. En effet, de nombreuses solutions esquissées sont abandonnées lors de la phase de modélisation. Le choix des matériaux n'est pas discuté, car il est, de fait, imposé par le procédé d'impression 3D, qui impose moins de contraintes, et ne nécessite pas autant de mobilisations de connaissances relatives à la fabrication et au choix des matériaux que les procédés traditionnels à l'aide de machines-outils. Cela peut représenter un avantage pour permettre aux élèves d'explorer plus facilement l'ensemble des solutions possibles au problème posé : les élèves semblent avoir plus de liberté dans la phase d'exploration (moins de contraintes liées aux formes et aux matériaux).

En revanche se posent les difficultés rencontrées par les élèves dans la phase de modélisation. Ces difficultés déjà mentionnées dans nos précédentes études (LAISNEY, 2012a, 2012b ; LAISNEY et BRANDT-POMARES, 2014) sont dues au fait qu'ils sont confrontés à une double tâche. D'une part, utiliser un logiciel complexe qu'ils ne maîtrisent pas forcément, et d'autre part, résoudre le problème de conception. Enfin, les allers-retours que sont censées permettre les imprimantes 3D ne sont que très peu mobilisés par les élèves contraints par l'enseignant qui ne favorise pas cette pratique coûteuse en termes d'organisation. En conséquence, il n'y a que très peu ou pas de reconception suite à l'impression 3D, ce qui ne favorise donc pas le processus de recherche de solutions.

Afin de pouvoir fournir des éléments de remédiation possibles à ce manque de reconception, ceci en s'appuyant sur les possibilités offertes par le système informatisé d'impression 3D pour une assistance à l'évaluation de la solution proposée par l'élève, les prolongements à cette première étude exploratoire sont une analyse de l'activité de l'enseignant pour préciser la nature de la régulation de l'activité des élèves, en réponse à une analyse de l'activité des élèves en classe (identification ou non des connaissances mobilisées et des processus cognitifs activés).

Références

- ANDREUCCI, C. et CHATONEY, M. (2009). Enseigner la technologie pour réinventer la roue à l'école primaire. Dans P. CHARLAND, F. FOURNIER, M. RIOPLE et P. POTVIN (dir.), *Apprendre et enseigner la technologie : Regards multiples* (p. 61-72). Québec : Éditions multimondes.
- BASTIEN, C. et BASTIEN-TONIAZZO, M. (2004). *Apprendre à l'école*. Paris : Armand Colin.
- BONNARDEL, N. (2006). *Créativité et conception. Approches cognitives et ergonomiques*. Marseille : Solal.
- BONNARDEL, N. (2009). Activités de conception et créativité : de l'analyse des facteurs cognitifs à l'assistance aux activités de conception créatives. *Le Travail Humain*, 72(1), 5-22.
- CHATONEY, M. (2009, 26-30 juin). *Make a plan, make choices and prove the quality of its job. Simple's gestures for learning something else than technics*. Paper presented at the CRIPT conference. Making the difference, Birmingham.
- COLLIS, B. et MARGARYAN, A. (2004). Applying Activity Theory to Computer-Supported Collaborative Learning and Work-Based Activities in Corporate Settings. *Educational Technology Research and Development*, 51(4), 38-52.
- ENGSTRÖM, Y. et SANNINO, A. (2010). Studies of expansive learning: Foundations, findings and future challenges. *Educational Research Review*, 5, 1-24. doi: 10.1016/j.edurev.2009.12.002.
- GIBSON, J. J. (1979). *The ecological approach to perception*. Boston : Houghton Mifflin.
- GINESTIÉ, J. (2008). From task to activity, a re-distribution of the roles between the teacher and the pupils. Dans J. Ginestié (Ed.), *The cultural transmission of artefacts, skills and knowledge: Eleven studies in technology education* (p. 225-256). Rotterdam : Sense Publishers.
- GINESTIÉ, J. et TRICOT, A. (2013). Activité d'élèves, activité d'enseignants en éducation scientifique et technologique. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 8, 9-22.
- GOËL, V. (1995). *Sketches of Thought*. Cambridge (MA) : MIT Press.
- HÉROLD, J.-F. (2012). Analyse cognitive de l'activité de l'élève pour une personnalisation d'un environnement numérique d'apprentissage. *STICEF*, 19, 285-307.
- LIPSON, H., KURMAN, M. et ROZENBAUM, M. (2014). *L'impression 3D : la prochaine révolution industrielle*. Paris : First interactive.
- HUOT, S. (2005). *Une nouvelle approche pour la conception créative : De l'interprétation du dessin à main levée au prototypage d'interactions non-standard*. Doctorat. Université de Nantes, Nantes.
- LAISNEY, P. (2012a). Intermédiaires graphiques et CAO en technologie au collège. *Skholê*, 17, 173-182.
- LAISNEY, P. (2012b). *Intermédiaires graphiques et Conception assistée par ordinateur – Étude des processus d'enseignement-apprentissage à l'œuvre en technologie au collège*. Doctorat. Aix Marseille Université, Marseille. Repéré à <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00955099v1>.
- LAISNEY, P. et BRANDT-POMARES, P. (2014). Role of graphics tools in the learning design process. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(1), 109-119. doi:10.1007/s10798-014-9267-y.
- LEBAHAR, J.-C. (1983). *Le dessin d'architecte : simulation graphique et réductions d'incertitude*. Roquevaire : Éditions Parenthèses.
- LEBAHAR, J.-C. (2007). *La conception en design industriel et en architecture. Désir, pertinence, coopération et cognition*. Paris : Hermès-Lavoisier.
- LEBAHAR, J.-C. (2008). *L'enseignement du design industriel : entre art et technologie*. Paris : Hermès-Lavoisier.
- LEBAHAR, J.-C. (2009). Les deux systèmes d'existence de l'artefact : objet et système. Dans J. BAILLÉ (dir.), *Du mot au concept « objet »* (p. 9-27). Grenoble : Presses universitaires de Grenoble.
- LEPLAT, J. et HOC, J. M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahiers de psychologie cognitive*, 3(1), 49-63.
- MAYER, R. (2008). *Learning and Instruction*. Upper Saddle River (NJ) : Prentice Hall.
- MUSIAL, M., PRADÈRE, F. et TRICOT, A. (2012). *Comment concevoir un enseignement ?* Bruxelles : De Boeck.

- RABARDEL, P. (1989). Recherche en psychologie et en didactique : un exemple d'interaction dans l'enseignement du dessin technique. *Revue française de pédagogie*, 89, 55-62.
- RABARDEL, P. et VÉRILLON, P. (1987). Approches fonctionnelles du dessin technique : réflexions pour un cadre d'analyse. Dans P. Rabardel et A. Weill-Fasina (dir.), *Le dessin technique* (p. 209-217). Paris : Hermès.
- RICHARD, J.-F. (2005). *Les activités mentales en résolution de problèmes : comprendre, raisonner, trouver une solution*. Paris : Armand Colin.
- SAFIN, S. (2011). *Processus d'externalisation graphique dans les activités cognitives complexes : le cas de l'esquisse numérique en conception architecturale individuelle et collective*. PhD Thesis, University of Liège, Belgium.
- SCHÖN, D. A. (1983). *The reflexive practitioner: how professionals think in action*. New York (NY) : Basic Books.
- SIMON, H. A. (1991). *Sciences des systèmes. Sciences de l'artificiel* (Réédition de 1969). Paris : Dunod.
- TRICOT, A. (2007). *Apprentissages et documents numériques*. Paris : Belin.
- VÉRILLON, P. et ANDREUCCI, C. (2006). Artefacts and cognitive development: how do psychogenetic theories of intelligence help in understanding the influence of technical environments on the development of thought? Dans M. DE VRIES et E. MOTTIER (Eds.), *International Handbook of Technology Education: The State of the Art* (p. 399-416). Rotterdam : Sense Publishers.
- VISSEER, W. (2004). *Dynamic Aspects of Design Cognition: Elements for a Cognitive Model of Design*. Rapport INRIA n° 5144.

Chapitre 10

Raquel Becerril Ortega

Les activités de conception
en formation : Analyse micro-
didactique de deux séances
de conception-réalisation
en enseignement de codes
opératoires en génie mécanique

Les activités de conception en formation : Analyse micro-didactique de deux séances de conception-réalisation en enseignement de codes opératoires en génie mécanique

Raquel Becerril Ortega

FORMER À CONCEVOIR

L'activité de conception est au cœur du travail des ingénieur.e.s en milieu industriel. Elle est définie comme « la construction et la communication d'un modèle d'artefact ne résultant pas de la réplique d'un modèle existant » (LEBAHAR, 2001, 2007). Les tâches de conception instruisent la résolution des problèmes mal définis : l'accès aux données n'est jamais exhaustif et les données sont toujours partielles dans la définition des objectifs ou des conditions de leur réalisation (LEBAHAR, 2007). Vincenti (1990) propose une anatomie de la connaissance liée à la conception. Prenant pour cible l'activité des ingénieurs¹, il dénombre à l'instar de Laudant (1984) quatre sources de problèmes techniques à résoudre : l'échec fonctionnel de la technique actuelle ; l'extrapolation à partir du succès d'une technique ancienne ; le déséquilibre entre techniques existantes ; l'anticipation d'échecs potentiels de techniques actuelles. Dans un

1. L'ouvrage de Vincenti (1990), *What engineers know and how they know it*, présente cinq études de cas analytiques issues de l'histoire aéronautique. L'analyse proposée est étalée en termes d'épistémologie des savoirs. La logique de présentation intègre les obstacles techniques, les données existantes, les contraintes d'usage (par les pilotes par exemple). Tout comme Lebahar (2007), Vincenti (1990) s'appuie sur Simon (1969) pour affirmer que « *the natural sciences deal with how things are. Engineering design, like all design, deals with how things ought to be. [...] It is in no sense knowledge about how an airplane innately is; rather, it is knowledge about how an airplane ought to be to enable the pilot to fly the machine with ease, confidence, and precision. Such knowledge had (and has) no interest or importance for scientists; it was discerned and almost entirely generated by engineers and pilots working together for essentially engineering purposes* ». (VICENTI, 1990, p. 237).

souci de cohérence et de légitimité propre aux formations professionnelles (ROGALSKI et SAMURÇAY, 1996), les situations de formation des futur.e.s concepteurs.trices ingénieur.e.s mobilisent des tâches de conception.

Une lecture didactique des activités de conception en formation (LEBAHAR, 2001, 2006, 2007) soulève trois questions. La première est relative à la transposition didactique (CHEVALLARD, 1991). Selon la perspective développée en didactique professionnelle (PASTRÉ, 2011), la transposition consiste à amender des situations professionnelles pour la formation tout en cherchant à maximiser la fidélité à l'égard de la situation professionnelle ou du problème traité. La pluridisciplinarité des activités de conception² rend difficile l'accès à ce qui se joue dans la situation professionnelle en termes de savoirs. Les savoirs convoqués par l'enseignant.e –tantôt un.e professionnel.le du domaine – et/ou mobilisés par les étudiant.e.s –tantôt avec une expérience professionnelle à leur compte – reposent sur plusieurs disciplines. Le recours aux représentations produites à partir d'observables de la transposition didactique est nécessaire pour décrire les enjeux de la situation de conception (LEBAHAR, 2006). Ces observables sont par exemple les productions des étudiant.e.s, les observations des situations de formation et/ou du travail et les entretiens avec l'enseignant.e et/ou avec les étudiant.e.s. Les résultats de ses études reposent sur les images opératives (OCHANINE, 1966) élaborées par les étudiant.e.s et donnent à voir une diversité pédagogique des situations de conception en formation (LEBAHAR, 2006). Cette diversité pédagogique induit des effets didactiques, dont celui de la variabilité épistémique des situations de conception en formation examinée dans ce travail.

La deuxième question s'intéresse à la définition de l'activité de conception. Didier et Leuba (2011) proposent un modèle théorique « Conception – Réalisation – Socialisation » qui distingue les trois temporalités dans la fabrication d'un objet et rend compte des traits caractéristiques des différentes démarches dont celle du concepteur/ designer/ingénieur dans la conception. Si la conception intègre l'usage prochain, celui-ci guide la réalisation (DIDIER, 2012). La conception se poursuit dans l'usage, comme noté par Rabardel (1995), dans l'approche instrumentale. Elle est contrainte par la production qui en résultera. L'usage et les contraintes de réalisation du projet constituent également

2. Dans l'activité de conception, le but est de réaliser « quelque chose » sans modèle de réplique. En conséquence, les savoirs sont mal ou peu identifiés, car fortement dépendants du produit ciblé par la conception. Mais lorsque cette activité est enseignée, un travail de formalisation – via sa transposition – est entamé. Les savoirs sont (plus) formalisés et les disciplines de référence (mieux) identifiées. Ce raccourci nous permet de caractériser les activités de conception comme pluridisciplinaires.

un élément moteur de la conception. Nos observations sont centrées sur ce moment concret de la formation à la conception qu'est la réalisation de l'artefact par transformation d'une pièce en état brute en pièce usinée.

Enfin, la troisième question interroge la proposition d'une didactique de la conception (LEBAHAR, 2007). Une piste théorique explore cette problématique en la restituant dans une perspective comparatiste en didactique (LIGOZAT, COQUIDÉ, MARLOT, VERSCHEURE et SENSEVY, 2014) pour proposer un dialogue entre concepts et méthodologies issus de disciplines voisines. La didactique de la technologie est mise à contribution et le registre de technicité, cher à Martinand (1989), mobilisé pour l'étude des activités de conception aux prises avec le jeu didactique (BROUSSEAU, 1998). Le registre de technicité, nous le verrons par la suite, rend compte des caractéristiques décrites précédemment des situations de conception en formation : pluridisciplinarité des savoirs mobilisés par les enseignant.e.s et professionnel.le.s en charge de la transposition didactique et des îlots d'intelligibilité pour les étudiant.e.s ayant une expérience professionnelle. Ce faisant, le registre de technicité répond à la variabilité pédagogique et didactique des situations de conception et interroge leur supposé gain didactique.

L'étude des activités de conception industrielle en formation s'organise en deux parties. La première partie présente l'étude didactique d'une activité de conception : tout d'abord sont identifiées la situation professionnelle de référence et ses composantes cognitives ; ensuite sont exposés le recueil et l'analyse des données de la situation de formation ; enfin l'analyse micro-didactique d'un moment de réalisation-conception est formulée. La deuxième partie présente la discussion des résultats : le supposé gain didactique des activités de conception est interrogé et une piste théorique est proposée pour analyser les situations de conception en formation.

ÉTUDE MICRO-DIDACTIQUE D'UNE ACTIVITÉ DE CONCEPTION-RÉALISATION

Composantes cognitives de la situation de conception industrielle

Une pièce mal conçue est une pièce qui ne peut pas être fabriquée : elle ne répond pas au cahier des charges. En production industrielle, cela se traduit par une conception-programmation éloignée des trajectoires possibles d'usinage. Pour éviter cela, les étudiants futurs concepteurs sont tenus d'avoir une expérience professionnelle au pied de la machine : les trajectoires professionnelles du métier d'opérateur vers celui du programmeur sont encouragées au sein des entreprises de production industrielle. Dans la formation observée, l'objectif affiché est la sensibilisation des futurs

ingénieurs concepteurs de pièces aux problématiques rencontrées dans la réalisation. L'opération de réalisation d'une pièce, à la charge des opérateurs, constitue la situation professionnelle de référence (MARTINAND, 1981). Une analyse du travail (BECERRIL-ORTEGA, 2008) identifie les concepts qui organisent l'activité de l'opérateur sur machine, nommés concepts pragmatiques (PASTRÉ, 1992). L'enjeu de l'opération de réglage se trouve dans le positionnement et le mouvement relatif entre les différents éléments mobiles et fixes de la machine. Plus particulièrement, on s'intéresse ici aux opérations impliquant le calcul de points de trajectoire d'outils, sur l'application du code de programmation aux codes d'usinage et sur l'attribution de signes algébriques aux différents vecteurs qui formalisent les mouvements orientés (RABARDEL, RAK et VÉRILLON, 1998). Le point commun à ces opérations est qu'elles consistent à anticiper en pensée, à partir des propriétés caractéristiques et actions possibles des dispositifs matériels, le déroulement concret d'un usinage particulier. Les supports de l'activité de l'opérateur sont essentiellement d'ordre symbolique : dessin technique, langages de programmation, symbolisation mathématique, etc. (RABARDEL *et al.*, 1998, p. 32). L'usinage, qui succède le réglage de la machine, est une activité taylorienne : le rythme et la cadence sont contrôlés, il y a une forte prescription de la tâche et peu de marge de manœuvre. Autrement dit : c'est une activité strictement productive et la part constructive est faible. Or, ce travail ne se réduit pas pour autant à une simple exécution. Il y a, chez les ouvriers spécialisés, une part d'ajustement aux circonstances. Selon Pastré (2011), elle n'est pas très grande, et surtout, elle est moins visible, car elle n'est pas reconnue. Cette considération est importante pour l'analyse didactique des situations de formation portant sur la conception. La situation professionnelle des ouvriers spécialisés constitue une des références pour les pratiques de formation (Becerril-Ortega, 2018). L'analyse didactique de la situation de formation présentée par la suite révèle les obstacles à la construction des connaissances liés au réglage et à la mise en route des machines.

La situation-problème au cœur de la situation de conception

Le contexte est celui de la formation technologique supérieure en génie mécanique, imprégnée de l'industrie aéronautique du sud de la France³. Il s'agit de former de jeunes adultes à la conception de pièces métalliques moyennement des machines-outils à commande numérique (MOCN). Deux séances ont été observées. Elles s'intègrent dans un

3. La situation de formation se déroule durant l'année 2007-2008. Des quatre séances observées (douze heures de verbatim), nous rendons compte ici de deux séances qui correspondent à la phase de réalisation.

module de conception de pièces industrielles, au niveau d'une Licence 3 en Productique de la conception industrielle (PCI). Le premier groupe « néophytes » est composé de cinq étudiant.e.s (dont une femme) ne possédant pas d'expérience auprès des MOCN. Cette séance de formation s'insère dans un projet visant la construction de miniatures en formule 1 auquel ces étudiants participent. Le deuxième groupe « expérimenté » est composé de trois étudiants (tous des hommes) sanctionnés par un diplôme de Brevet de technicien supérieur (BTS) en productique industrielle. Ils possèdent une expérience en formation avec ces machines-là et ont réalisé un stage ouvrier en entreprise. Cette séance de formation s'intègre dans un module de conception de pièces industrielles en spécialisation de ce parcours. Les deux situations de formation s'organisent autour de l'utilisation d'un simulateur informatique : les étudiants doivent résoudre une situation-problème décrite dans le cahier de Travaux dirigés (TD). Un simulateur substitue la machine dans le processus de cette résolution. Les séances de formation, d'une durée de trois heures, intègrent le moment de conception-réalisation qui occupe quant à lui une heure et demie pour chaque séance observée. Les enjeux de savoirs et d'obstacles qui conforment *a priori* la situation-problème sont identifiés à partir de trois sources de données. L'obstacle, principal enjeu de la situation, est révélé grâce aux entretiens semi-dirigés menés auprès du même enseignant qui assure les deux séances. Il s'agit du calcul vectoriel⁴ lié à la procédure du réglage de la machine : « L'important est de ne pas se tromper quand on additionne le vecteur palpeur, le vecteur déplacement, le vecteur cales éventuellement, et faire une somme vectorielle correcte. La plupart du temps, les étudiants oublient qu'il existe un sens et quand ils additionnent, ils oublient le signe positif ou négatif dans la somme vectorielle. En conséquence, la projection résultante sur l'axe n'est pas correcte » [entretien enseignant]. Cette difficulté, relative à l'ordre du sens de décalage au niveau des prises d'origine, advient lorsque l'étudiant ne se place pas sur le bon système d'axe pour imaginer le déplacement. En effet, la machine exige un changement de point de vue. Comme l'affirme Rabardel *et al.* (1998), la géométrie programmatique, qui considère que c'est l'outil qui se déplace dans la trajectoire d'usinage, est différente de la géométrie physique. Ensuite, l'observation du premier moment des séances de formation renseigne sur l'engagement de l'enseignant soit dans la présentation du parc des machines – face au groupe de néophytes –, soit dans

4. L'expression vectorielle de Chasles est constituée de trois points de repère : l'origine pièce, l'origine programme, l'origine mesure. Ils permettent une représentation des éléments mobiles de la machine relative à la trajectoire d'usinage.

l'explication des calculs nécessaires avant le réglage de la machine – face au groupe d'expérimentés – : « Au départ, on a repris les notions qu'ils connaissaient, mais qu'ils avaient oubliées. Il a fallu faire les exemples au tableau et après, lorsqu'ils sont passés sur simulateur, ça a marché de suite » [entretien enseignant]. Enfin, le cahier de TD, support pédagogique privilégié de la séance de formation, explicite la consigne. Elle porte sur le calcul vectoriel qui relit deux origines⁵. L'enjeu de la situation de réglage en formation est la réussite de ce calcul vectoriel. Cette situation participe à l'acquisition d'un code opératif, « système sémiologique original, propre au domaine des machines conservant et indiquant, sous forme de lexique de signes élémentaires – graphiques, iconiques, alpha-numériques, etc. – un ensemble fini d'opérations » (LEBAHAR, 2007, p. 267). Après avoir réglé la machine, les étudiants des deux groupes doivent procéder à la réalisation (virtuelle) de la pièce, puis à l'examen du résultat de cette conception.

L'action-erreur comme descripteur de l'épaisseur épistémologique d'une situation didactique

Pour saisir l'activité des étudiants, la technique déployée consiste à croiser la donnée filmique de la séance de formation avec les actions des étudiants enregistrées et codifiées à l'aide du simulateur. Les résultats sont organisés en quatre colonnes (tableau n° 1). La première colonne définit la tâche à partir de la procédure décrite dans le cahier de TP. Par exemple, la tâche de mise en service de la machine se décline en quatre opérations. Celles-ci sont présentées dans la deuxième colonne : la mise en contact, l'arrêt d'urgence, le RAZ et automate RAZ et enfin, le tour de clé. La troisième colonne présente les actions mises en place par les étudiants. Enfin, la quatrième colonne explicite les interactions verbales entre étudiant et enseignant au moment précis de l'action. Cette organisation des données recueillies induit un effet méthodologique. Comme les interactions verbales se produisent au moment où s'arrête l'activité, elles portent sur les erreurs produites par les étudiants. En conséquence, les données ainsi construites définissent le cheminement des acteurs vis-à-vis de la procédure visée – le réglage de la machine lors de la conception-réalisation d'une pièce – et l'erreur devient le descripteur privilégié de la situation didactique. Cette technique propose d'analyser l'importance relative et la signification des erreurs faites ou évitées. Elle considère que l'erreur

5. Voici un extrait du cahier de TD qui explicite la consigne : « On considère que l'origine mesure OM est matérialisée par l'intersection entre l'axe Z et le plan de jauge dans le cône de la broche. L'origine pièce Op doit être choisie sur le montage comme représentée sur la figure. Le palpeur utilisé a une longueur de 110 mm et un rayon de 10 mm (données corrigées). Calculer le vecteur OmOp (vecteur PREF en langage NUM). »

joue un rôle important dans les acquisitions des élèves (BROUSSEAU, 2001). Dans les observations menées, l'erreur est associée à l'arrêt de l'activité. Les étudiants, dans la réalisation d'une conception, sont entraînés à l'assimilation du code. Cela contribue à structurer les apprentissages liés aux opérations impliquées dans la conception, à la planification (*a priori*) des actions de conception et à l'évaluation (*a posteriori*) des résultats de la conception (LEBAHAR, 2007). Cette technique « faite d'erreurs » permet d'observer la variabilité des opportunités des apprentissages (l'obstacle est considéré comme une opportunité adressée par l'enseignant aux étudiants). Les étudiants dépassent-ils les erreurs ? Les contournent-ils ? Les confrontent-ils ? L'épaisseur épistémologique d'une situation didactique fait référence à une certaine concentration, « mesure relative », des savoirs révélés localement par le.a chercheur.e lors des analyses microdidactiques des séances en classe. On parle alors d'épisode dense en savoirs (Amade-Escot, 2005). Le.a chercheur.e ne pourra décider de l'épaisseur d'une situation qu'en la comparant avec une autre situation de la même nature. Le statut, la fréquence et le traitement de l'erreur dans le jeu didactique deviennent des indicateurs de l'épaisseur épistémologique de la situation. Par la suite, l'articulation de l'épaisseur épistémologique – qui rend compte de la variabilité didactique –, avec le registre de technique – qui rend compte de la variabilité pédagogique – nous semble une proposition heuristique pour étudier le supposé gain didactique des activités de conception en formation.

Tâche prescrite	Opérations prescrites associées	Actions effectuées par Ez (fichier.did)	Interactions verbales entre Ez et P1
Mise en service	Contact Arrêt d'urgence RAZ et automate RAZ CN Clé	PB_Contact;clicked; 2 fois PB_Raz;clicked; PB_ArretUrgence;clicked; PB_Raz;clicked; PB_Cle;clicked; PB_Raz;clicked; PB_Cle;clicked; PB_ArretUrgence;clicked; PB_Raz;clicked; PB_Cle;clicked;	
Mise en service	Contact Arrêt d'urgence RAZ et automate RAZ CN Clé	PB_Contact;clicked; 2 fois PB_Raz;clicked; PB_ArretUrgence;clicked; PB_Raz;clicked; PB_Cle;clicked; PB_Raz;clicked; PB_Cle;clicked; PB_ArretUrgence;clicked; PB_Raz;clicked; PB_Cle;clicked;	

Recherche de POM	Avancement dans les axes W, Y et Z.	PB_Pom;clicked; PB_XPlus;pressed;50; 33 fois PB_XMoins;pressed;50;64 fois PB_XPlus;pressed;50; 22 fois PB_Maniv4;clicked; PB_ZMoins;pressed;50; 14 fois PB_ZPlus;pressed;50; 74 fois PB_ZMoins;pressed;50; 27 fois PB_Manuel;clicked; POT_Avance;released;58; PB_XMoins;pressed;50;17 fois	Seq3SS1-E2-315 : « On prend quel outil pour faire le POM ? » Seq3SS1-P1-316 : « Ce que tu veux » Seq3SS1-E2-317 : « Oui, mais on prend la jauge » Seq3SS1-P1-3168 : « Voilà le point doit être ici, la jauge doit passer entre ça et ça » Seq3SS1-E2-319 : « Oui, mais en X ça doit être par-là » Seq3SS1-P1-320 : « En X, les cales en X » Seq3SS1-E2-321 : « Mais je le fais sur le bord de la tourelle » Seq3SS1-P1-322 : « Sur le bord de l'outil// comme ça, on n'a pas la longueur d'outil à faire// »
------------------	-------------------------------------	--	---

Tableau 1. Extrait du tableau de condensation de données, incluant les actions réalisées par l'étudiant E2.

Variabilité pédagogique et variabilité didactique, analyse micro-didactique de deux séances

La variabilité pédagogique rend compte du projet de l'enseignant qui évolue en fonction du groupe d'étudiant.e.s. On note une variabilité dans la prescription de la tâche de conception-réalisation au travers de la consigne donnée. Pour le groupe de néophytes, l'objectif affiché n'est pas l'autonomie au pied de la machine-outil, mais l'acculturation aux notions liées à la commande numérique. L'activité déployée au sein de ce groupe est centrée sur la procédure présentée par le cahier. Les étudiant.e.s s'abstraient peu des étapes dictées par le cahier de TD. Les erreurs, révélatrices des actions des étudiant.e.s vis-à-vis du problème, apparaissent en moindre mesure et leur gestion est centrée sur l'identification du moment de faille dans l'ensemble de la procédure. Ainsi, le nombre des savoirs injectés par l'enseignant est moindre et la situation de formation se constitue comme une procédure sans rapport avec l'activité industrielle. Les connaissances nécessaires n'ont pas fait l'objet d'enseignement en amont, une explication générale dans le parc des machines a substitué les explications sur les enjeux relatifs au réglage et aux codes de la machine. Pour le groupe d'expérimentés, le projet de l'enseignant est d'assurer leur autonomie dans l'utilisation des machines. L'analyse micro-didactique révèle que les erreurs produites au cours de l'action sont relatives à l'assimilation du code, ses signifiants et ses signifiés : le langage numérique des machines, le mouvement relatif des axes de la machine, le positionnement initial des éléments mobiles, le calcul vectoriel. Le premier étudiant, Paul, s'appuie sur le cahier de TD, la prescription, pour déployer le réglage.

Les interactions entre Paul et l'enseignant sont liées au code : l'utilisation des fonctions de la commande numérique, le sens de rotation des axes. Les erreurs apparaissent peu : Paul les anticipe. Le deuxième étudiant, Alexandre, possède une expérience professionnelle en entreprise auprès de ces machines. Alexandre « se passe » du cahier de TD : il fait face plus souvent que Paul aux obstacles didactiques⁶. Cette maîtrise du code lui permet d'inventer une procédure pour échapper à l'obstacle didactique de la casse du palpeur. En effet, il se dégage par un autre axe (Z) et contourne la procédure prescrite dans le cahier. Cette action est reconnue par l'enseignant qui s'exclame : « Et ça marche ! » Le troisième étudiant, Théodore, contourne les erreurs. En s'écartant de la procédure, il évite de se confronter aux obstacles. De multiples échanges entre Théodore et l'enseignant ont lieu. Théodore ne produit pas les mêmes actions que ces camarades. Chez Théodore, l'absence d'erreurs signifie une difficulté à rencontrer (et donc à dépasser) l'obstacle épistémologique à l'origine de la situation-problème construite autour du réglage, enjeu privilégié de la situation de formation. Il s'exprime ainsi⁷ : « Moi, je regarde le déplacement sur la machine. Le problème est de reconnaître le signe des vecteurs [dans le calcul du vecteur]. Pour soustraire par exemple le diamètre vingt, le problème est de savoir si on va l'enlever ou on va l'additionner. Après, à chaque fois sur les axes, je me plante. »

Cette première partie présente le processus didactique à l'œuvre grâce au descripteur action-erreur comme révélateur de l'activité des apprenants face aux obstacles introduits par l'enseignant. La stabilité pédagogique du groupe « expérimenté » n'épargne pas une variabilité didactique. L'apparition des erreurs est signe de la construction de connaissances nécessaires à la réalisation de la tâche : pour Paul, l'activité réussie renforce et stabilise ces connaissances ; pour Alexandre, les erreurs produites changent son milieu didactique. Grâce à ce milieu, Alexandre invente une nouvelle procédure. À l'opposé, la situation et son problème échappent à Théodore. L'absence d'erreurs en témoigne. L'analyse des actions déployées par les trois étudiants du groupe, en comparant le statut et la fréquence des erreurs, rend compte d'une variabilité didactique liée à une densité épistémologique des situations différente. L'analyse du projet de l'enseignant dans la mise en place de deux situations de formation différente rend compte d'une variabilité pédagogique entre groupes.

6. Les obstacles didactiques sont ceux introduits par le simulateur : casse du palpeur, fermeture de la porte, etc.

7. Extrait de l'entretien post-séance, Théodore.

ÉLÉMENTS DE DISCUSSION

Gain didactique de la situation de conception-réalisation en formation

Dans les écrits de Pastré (2011), la transposition didactique concerne une ou plusieurs situations professionnelles soigneusement choisies en ce qu'elles sont porteuses de problèmes à résoudre, et donc d'opportunités d'apprentissage : certaines tâches seraient pertinentes pour développer une activité constructive. Les activités de conception auxquelles fait référence ce travail s'inscrivent dans la production d'un artefact matériel. Les composantes cognitives de l'activité de référence, explicitées dans la première partie, s'organisent, se recontextualisent pour en faire un milieu didactique (au sens donné par Brousseau, 1998). Analyses à l'appui, nous avons montré que l'épaisseur épistémologique des situations observées était variable. Cette variabilité est mesurée en fonction du statut, de la fréquence et de la gestion de l'erreur dans la relation didactique. La situation de conception de départ vise la production d'un artefact matériel. Elle s'est vue réduite à une situation-problème par le processus de transposition. Elle n'est plus le reflet du réel (la conception de pièces), car les enjeux de savoirs qu'y sont injectés problématisent cette conception pour en faire un support à l'acquisition des compétences relatives aux codes opératoires nécessaires à la réalisation de l'artefact. Un autre effet du processus de transposition est lié à la programmation didactique : la décomposition d'une activité de conception en séances de formation. La conception embrasse un dispositif complet et les séances observées ne concernent que la phase finale de réalisation. Cette phase contribue à l'assimilation des codes et à la formalisation, abstraction réfléchie ou prise de conscience des opérations signifiées par le code (LEBAHAR, 2007). Ces analyses microdidactiques contribuent à penser les situations de conception en formation à partir des limites imposées par la programmation didactique des séances de formation et en fonction du supposé gain didactique. Celui-ci dépend uniquement de la qualité (relative au choix de la situation professionnelle de référence) de la situation de conception, mais également des compétences et des connaissances disponibles et mises à contribution par chaque étudiant et par l'enseignant.

Situation de conception en formation

Alors, comment interpréter cette variabilité pédagogique et didactique des situations de conception en formation ? En effet, il ne suffit pas de vouloir faire de la conception. Les formes de la situation consécutive de la transposition didactique ne répondent pas toujours aux caractéristiques des situations de conception : résolution de problèmes techniques, appropriation de codes opératoires, création d'un artefact sans modèle, etc. En outre, les étudiants s'emparent différemment des situations de conception : déploiement de procédures (Paul), catachrèses (Alexandre), tâtonnements (Théodore). Face à la variabilité didactique des situations de conception en formation, une piste théorique est annoncée. La technicité désigne, selon Combarous (1984), une aptitude de l'homme à concevoir, à réaliser, à utiliser des associations de connaissances, de caractère technique. À cette aptitude correspond un comportement favorable à la compréhension et à l'emploi de ces techniques. Le caractère technique résulte de la réunion de trois composants : la rationalité, l'emploi d'engins et la spécialisation des individus. Cette dernière intervient dans l'exécution de tâches partielles coordonnées, condition d'efficacité pour répondre à la division sociale du travail. Martinand (2003) propose à l'égard du projet d'enseignement de la technologie, d'organiser les technicités selon de registres, afin d'éviter une vision hiérarchique en niveaux. La notion de technicité et ses composantes apparaissent selon lui insuffisantes pour penser la construction et l'évolution des disciplines⁸. Quatre registres sont alors proposés. Le registre de participation énonce la capacité à s'immerger dans la pratique en y tenant un rôle non autonome, mais actif. Le registre de la maîtrise concerne la capacité d'intervention autonome. C'est le seul pris habituellement en compte dans les pédagogies de la maîtrise, mais il n'est pas évident qu'il soit toujours le plus pertinent lorsqu'on s'intéresse à des formations générales et non professionnelles. Le registre de la lecture évoque la capacité à identifier les différentes composantes caractéristiques de la pratique sociale de référence. C'est celui qui fonctionne lorsque – sans être forcément capable de le faire soi-même –, on a la capacité de « lire », d'analyser et d'expliquer une pratique. Le registre de la transformation correspond à la capacité à transformer, modifier et faire évoluer la pratique de référence elle-même. C'est celui qui permet de changer une pratique, et vraisemblablement il suppose que la maîtrise ne soit pas trop importante et consolidée (MARTINAND, 2003). L'étude de cas détaillée dans notre travail analyse ce moment de réalisation qui ne devra

8. Ces travaux s'intéressent à la technologie scolaire.

pas être maîtrisé par les ingénieurs concepteurs. Pour autant, certaines composantes de la pratique de l'opérateur sur machine, relatives à la faisabilité des trajectoires d'usinage, conditionnent la conception de pièces. L'organisation des pratiques selon des registres intègre la variabilité pédagogique du projet de l'enseignant, chargé de la transposition didactique dans la classe. Concrètement, les registres de technicité sont associés à des îlots d'intelligibilité : l'ingénieur concepteur travaille rarement au pied de la machine, mais il doit comprendre certaines problématiques du travail de l'opérateur pour réussir la conception. Ces îlots d'intelligibilité ne s'identifient pas forcément à des savoirs issus des disciplines, mais aux corps de savoirs orientés vers la compréhension et la réussite de l'action.

EN GUISE DE CONCLUSION

Ce travail interroge les activités de conception-réalisation dans les situations de formation. L'étude micro-didactique est relative à l'activité des étudiant.e.s en situation d'apprentissage des codes. Cette analyse décrit la variabilité pédagogique en analysant le projet mis en place par l'enseignant et la variabilité didactique en examinant la rencontre et la gestion des erreurs faites par les étudiant.e.s. L'étude de la transposition des situations de conception complète et identifie les difficultés à faire de la conception en formation. Une piste théorique pour analyser les variabilités pédagogique et didactique des activités de conception articule le registre de technicité et l'épaisseur épistémologique relatifs aux situations examinées. Ce travail gage pour un dépassement disciplinaire, nécessaire aux activités de conception en formation.

Références

- AMADE-ESCOT, C. (2005). Milieu, dévolution et contrat didactique : regard de l'éducation physique. Dans M.-H. SALIN, P. CLANCHÉ et B. SARRAZY (dir.), *Sur la théorie des situations didactiques. Questions, réponses, ouvertures. Hommage à Guy Brousseau* (p. 91-98). Grenoble : La pensée sauvage.
- BECCERRIL-ORTEGA, R. (2008). *Contexte professionnel, contexte de la formation technologique supérieure, approche didactique. Le cas des formations utilisant des simulateurs informatiques*. Thèse de doctorat inédite. Université de Toulouse, France.
- BECCERRIL-ORTEGA, R. (2018). Pratiques de simulation dans la formation technologique : étude didactique en génie mécanique. *Recherche & formation*, 82, 31-46.
- BROUSSEAU, G. (1998). *La théorie des situations didactiques, en mathématiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- BROUSSEAU, G. (2001). Les erreurs des élèves en mathématiques : étude dans le cadre de la théorie des situations didactiques. *Petit « x »*, 57, 5-30.

- CHEVALLARD, Y. (1991). *La transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La pensée sauvage.
- COMBARNOUS, M. (1984). *Les techniques et la technicité*. Paris : Messidor/Éditions Sociales.
- DIDIER, J. et LEUBA, D. (2011). La conception d'un objet : un acte créatif. *Prismes*, 15, 32-33.
- DIDIER, J. (2012). La mise en œuvre de la créativité dans l'enseignement des activités créatrices et techniques. Dans Ph. Losogo (dir.), *Actes du colloque Sociologie et didactiques : vers une transgression des frontières*, 13-14 septembre 2012 (p. 260-270), Lausanne : Haute École Pédagogique de Vaud. Repéré à <http://www.hepl.ch/sociodidac>.
- LAUDANT, R. (1984). *The nature of technological knowledge : are models of scientific change relevant ?* Dordrecht : Reidel.
- LEBAHAR, J.-C. (2001). Approche didactique de l'enseignement du projet en architecture : étude comparative de deux cas. *Didaskalia*, 19, 39-77.
- LEBAHAR, J.-C. (2006). Pratique professionnelle et enseignement de la technique d'organigramme en architecture : problèmes de transposition didactique. *Didaskalia*, 29, 9-22.
- LEBAHAR, J.-C. (2007). *La conception en design industriel et en architecture : désir, pertinence, coopération et cognition*. Paris : Lavoisier.
- LIGOZAT, F., COQUIDÉ, M., MARLOT, C., VERSCHURE, I. et SENSEVY, G. (2014). Didactiques et/ou didactique. Poursuivre le travail de problématisation. *Éducation et didactique*, 8(1), 101-115.
- MARTINAND, J. L. (1981). Pratiques sociales de référence et compétences techniques. Dans A. GIORDAN et J. L. MARTINAND (dir.), *Actes des 3^e JIES*. Chamonix.
- MARTINAND, J.-L. (1989). Pratiques de référence, transposition didactique et savoirs professionnels en sciences techniques. *Les sciences de l'éducation pour l'ère nouvelles*, 2, 23-29.
- MARTINAND, J.-L. (2003) La question de la référence en didactique du curriculum. *Investigacoes em ensino de ciencias*, 8, 125-130.
- OCHANINE, D.-A. (1966). The operative image of a controlled object in Man-Automatic systems. *Principaux problèmes de la psychologie*. Actes du XVIII^e Congrès international de psychologie (p. 48-56). Moscou, URSS.
- PASTRÉ, P. (1992). Requalification des ouvriers spécialisés et didactique professionnelle. *Éducation Permanente*, 138, 13-35.
- PASTRÉ, P. (2011). *La didactique professionnelle : approche anthropologique du développement chez les adultes*. Paris : PUF.
- RABARDEL, P. (1995). *Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- RABARDEL, P., RAK, I. et VÉRILLON, P. (1998). *Machines-outils à commande numérique, approches didactiques*. Rapport de recherche : INRP.
- ROGALSKI, J. et SAMURÇAY, R. (1996). Modélisation d'un savoir de référence et transposition didactique dans la formation de professionnels de haut niveau. Dans G. ARAC, Y. CHEVALLARD, J.-L. MARTINAND et A. TIBERGHEN (dir.), *La transposition didactique à l'épreuve* (p. 35-72). Grenoble : La pensée Sauvage.
- VINCENTI, W.-G. (1990). *What engineers know and how they know it: analytical studies from aeronautical history*. USA : The Johns Hopkins University Press.

Chapitre 11

Pierre Litzler

Poésie des rapports et
instauration métaphysique
dans l'architecture de Le Corbusier

Poésie des rapports et instauration métaphysique dans l'architecture de Le Corbusier

Pierre Litzler

INTRODUCTION

Pour Le Corbusier, l'architecture est un artefact relevant d'un langage visuel dont le rapport est le déterminant syntaxique. Le concepteur énonce une pensée architecturale par l'articulation de différents éléments entre eux. Ce qu'il construit n'est donc pas tant l'assemblage de matériaux que l'ordonnance de signes sensibles dont la hiérarchie réfléchie conduit le passage de la sensation à la perception, puis à l'intellection. L'objet tangible qui en résulte, et que l'on nomme architecture, serait donc l'expression d'une poétique des rapports rendue intelligible. L'analyse de l'architecture de Le Corbusier nous conduit à proposer un point de vue expressif et sensible sur la conception et à montrer, par une didactique de la conception, son architecture telle une poésie des rapports où l'apparition d'un langage architectonique et plastique amène à transformer le rapport au monde pour le concepteur et l'utilisateur.

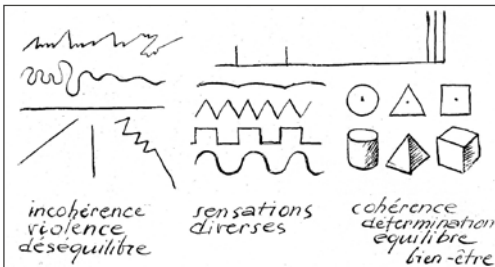


Figure 1. L'esprit nouveau en architecture, répercussion des sensations physiologiques sur notre sensibilité (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, 1975).

ARCHITECTURE, MATIÈRE ET PENSÉE

Pour Le Corbusier, la conscience des rapports est une manifestation fondamentale de la connaissance et de l'appréhension du fait architectural. Les éléments et les parties de l'architecture ne prennent sens qu'à travers les relations qu'ils entretiennent entre eux au sein d'une totalité. Le geste architectural se fonde sur l'invention de telles liaisons.

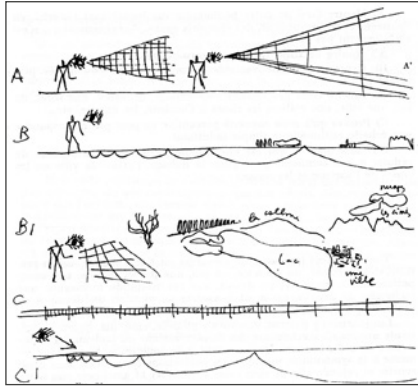


Figure 2. Nature et qualités des rapports
(JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, 1983).

De fait, la détermination intensive et extensive des éléments (mesure, distance, étendue...), la combinaison de l'ensemble des paramètres (forme, matière, couleur...), la disposition des parties constitutives (aire, partition, structure, mur, percement, toit...), la cohérence et l'unité des parties et de la totalité sont autant de rapports qui

constituent la pensée de l'architecture et qui déterminent le projet. Ils sont élaborés, éprouvés et décidés par la mise en tension des deux logiques : celles horizontale (plan) et verticale (coupe, élévation) qui constituent le rapport fondateur.

« L'architecture dépend du plan et de la coupe. Le jeu entier est inscrit dans ces deux moyens matériels – l'un horizontal, l'autre vertical – d'exprimer le volume et l'espace. Là est le jeu architectural : les combinaisons » (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, 1983, p. 16).

C'est à partir de ces prémisses que se déploie l'écriture des rapports qui soutiendra la pensée de l'auteur et qui deviendra repérable et lisible à travers la perception de l'espace et du temps de l'architecture.

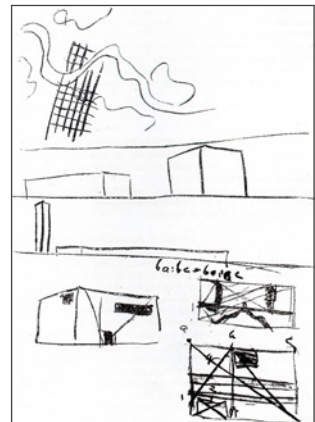


Figure 3. Précisions sur un état présent de l'architecture et de l'urbanisme
(JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, 1960).

PENSÉE, RAPPORT ET POÉSIE

Le rapport, modalité essentielle de la pensée, permet donc de déterminer les objets constitutifs de l'architecture et de caractériser leurs liens. La création architecturale est explicitement cette manière de penser l'articulation des objets constitutifs de la construction, et qui saura traduire de manière intelligible le sentiment qui aura présidé à cette mise en relation :

« La maison est faite d'objets répondant à nos fonctions... Mais ces objets sont destinés à une efficience qui naît de leur synchronisme. Leur groupement, leur solidarité répond à des besoins particuliers et provoque des sensations particulières. C'est là que se manifeste la composition architecturale : ces objets constituent un organisme porteur d'une intention particulière, précise, différente suivant le sentiment qui en a animé l'arrangement, la soudure, la liaison vivante comme une parole. Là est alors la parole de l'architecture » (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, 1975, p. 138).

Dans cette « liaison vivante comme une parole », le rapport est l'âme de l'édifice, le vecteur d'une pensée singulière. C'est cette construction de liaisons intentionnelles, cette syntaxe des rapports, qui donne vie au texte architectural : une écriture des rapports à même de créer une « Parole qui est un phénomène de poésie, qui détermine un jeu d'émotions indiscutables. Il n'y a plus rien à ajouter, tout est dedans. L'architecture ne s'ajoute pas. Elle s'est située dans la qualité particulière d'ordre qu'on a imprimé au groupement des objets de la maison. [...] Je pense que la puissance d'architecture (le potentiel d'architecture) est intégrée dans l'esprit qui fixe l'ordre de groupement des éléments de la maison ; que l'architecture émane, et qu'elle n'habille pas ; qu'elle serait plutôt une odeur qu'une draperie, un état d'agrégation plutôt qu'une surface enveloppante » (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, 1975, p. 138).

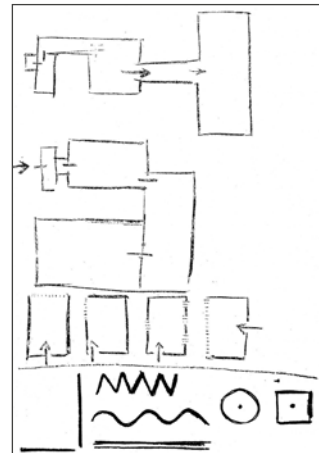


Figure 4. Précisions sur un état présent de l'architecture et de l'urbanisme (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, 1960).

Le rapport est le lien créé entre les éléments qui unit et organise le divers des termes et justifie l'essence poétique de l'architecture.

« Poésie ! Le mot doit être prononcé. Poésie qui n'existe que par la présence des rapports. Les rapports mettent en jeu des objets précis, des notions précises, et un assemblage voulu – et non pas des brumes ou des intentions informulables ou informulées. Ces choses exactes et objectives sont assemblées de telle façon que le prodige surgit, l'inattendu, l'insoupçonné, le stupéfiant, le miraculeux. Le miracle des rapports précis se réalise sous nos yeux, par l'effet de la plus mathématique précision » (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, dans De Francieu, 1984, p. 10).

Cette poésie de la création, cette poétique de « l'assemblage voulu », est également ce qui « anime » l'architecture et qui fait de cet art une rhétorique maîtrisée du sensible ou une logique des sensations induites. Loin des enjeux pragmatiques et fonctionnels qui pourraient caractériser l'entreprise architecturale, l'ambition de Le Corbusier semble ici viser essentiellement l'affect du spectateur. Il s'agit de provoquer en lui une réaction émotionnelle par des moyens réfléchis et rationnels. Le paradoxe mérite d'être souligné : d'une part, l'architecte est l'artisan méthodique qui distille sentiments et sensations ; d'autre part, il est celui qui transmue l'inertie de ses matériaux en mobiles émotionnels, voire passionnels. Son art des rapports et sa capacité à mettre les mots architecturaux en résonance susciteraient le mouvement de l'âme, l'émotion du récepteur.

« L'architecture, c'est avec des matériaux bruts, établir des rapports émouvants. L'architecture est chose de plastique, esprit d'ordre, unité d'intention, le sens des rapports ; l'architecture gère des quantités. La passion fait des pierres inertes un drame » (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, 1977, p. 121).

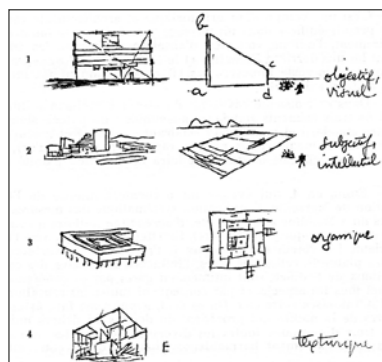


Figure 5. Que fait le maître de cérémonie chargé d'introduire des mesures vraies dans l'œuvre bâtie ? (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, 1983).

Pour autant, cette écriture « édifiante », soustendue par une science efficace des rapports, ne vise pas au seul ébranlement des affects. Elle se veut également explicite et entend recéler une pensée dont la nature se communiquerait à nous visuellement par le jeu de simples prismes.

« Mes yeux regardent quelque chose qui énonce une pensée. Une pensée qui s'éclaire sans mots ni sons, mais uniquement par des prismes qui ont entre eux des rapports. Ces prismes sont tels que la lumière les détaille clairement. Ces rapports n'ont trait à rien de nécessairement pratique ou descriptif. Ils sont une création mathématique de votre esprit. Ils sont le langage de l'architecture » (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, 1977, p. 123).

La poésie des rapports engage donc l'esprit ou la pensée dans la conception de l'œuvre. Elle se pose et s'impose dès que l'esprit, rapprochant deux termes, deux éléments, deux paramètres, conçoit une relation précise entre eux. Elle apparaît de ce fait comme le vecteur privilégié d'une pensée qui s'énonce de manière implicite, essentiellement visuelle, par le truchement et la disposition des éléments architectoniques.

L'ÉLOQUENCE POÉTIQUE DU LANGAGE ARCHITECTURAL

Ainsi, au-delà des prismes mis en relation, au-delà de cette volonté d'expression première et de simple énoncé de la pensée, les rapports seraient à même d'élever l'art de l'architecture, à partir d'éléments langagiers simples mais puissants, vers des sommets d'éloquence.

« J'aimerais tant vous faire apprécier l'éloquence toute puissante des lignes, afin que vous vous sentiez désormais l'esprit débarrassé des petits événements décoratifs et surtout afin que vous établissiez dans la composition de vos futures architectures la chronologie vraie, la hiérarchie qui fait prévaloir l'essentiel » (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, 1960, p. 76).

Si le dessein de Le Corbusier est de soutenir le principe langagier de l'architecture, on voit aussi que la pensée véhiculée par celle-ci revendique une teneur qui dépasse les fonctions usuelles de la langue. L'architecture « parlante » de Le Corbusier est bien davantage qu'une rhétorique visuelle. Elle se veut le haut lieu d'une poétique. Elle exprime la quête d'un art absolu, ou d'un absolu de l'art, défini comme ce qui élève l'âme.

« Ma recherche tout comme mes sentiments sont dirigés vers ce qui est la principale valeur de la vie : la poésie »
(JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, dans Petit, 1970, p. 160).

De fait, et sans vouloir ici entrer dans une analyse précise du langage revendiqué par Le Corbusier, on conçoit à la lecture des exemples et des schémas qu'il nous a laissés que la sémantique de son discours architectural n'est pas établie de manière absolue. Sa lecture comme son interprétation relèvent davantage de la suggestion et de la sensation. Le Corbusier ne met pas en place un lexique, mais une gamme d'expressions plastiques qui jouent sur des principes de consonances, de différences et de répétitions. C'est donc par l'analogie que ces formulations entretiennent avec la construction du langage poétique que l'architecte peut s'apparenter au poète. Comme lui, l'architecte use de procédés métriques et rythmiques qui suscitent davantage l'évocation que la signification.

Comme la musique, ce jeu de rapports produit une sorte de langage premier, plus ressenti que véritablement compris, mais dont l'intention expressive est manifeste. Comme la poésie, l'architecture n'énonce aucun texte explicite. Elle suggère, évoque et nous touche. Ce que nous entendons donc ici par poétique, c'est cette force suggestive des signes et de leur articulation. C'est l'impression efficace produite par des formes élémentaires et leur distribution spatiale. Ce chant de l'architecte est ainsi comparable aux fonctions d'une parole première, dont les modulations visaient à l'enchantement du réel, et qui permettait jadis d'invoquer les dieux, la nature, le ciel, la terre. Le poétique est précisément cette mise en jeu simultanée de l'émotion, du sentiment et de la pensée qui se produit par la rencontre et qui nous met en relation indicible avec les choses. C'est la convergence entre un sentiment, un mouvement intérieur actualisé, activé et animé par une action extérieure.

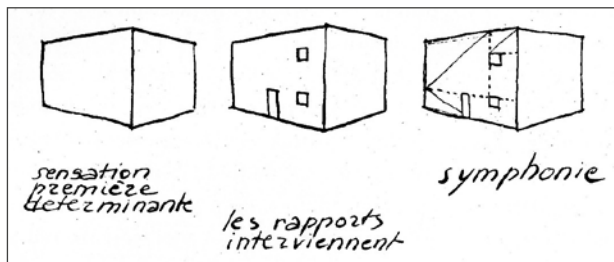


Figure 6. L'esprit nouveau en architecture : l'invention architecturale, proportions, rapports, symphonie (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, 1975).

RHÉTORIQUE ET POÉTIQUE DES SIGNES DE CHANDIGARH

Si, de manière générale, Le Corbusier entend suggérer une pensée par l'émotion des rapports spatiaux, il a également conçu des architectures particulières qui mêlent « commandement » et « enchantement » et qui semblent plutôt relever de l'incantation : ce sont notamment les signes édifiés sur le Capitole de Chandigarh.

Ces objets architecturaux singuliers, au-delà de l'évocation par un langage poétique, ont pour finalité de convoquer une pensée démonstrative et d'énoncer une manière de « bien faire » en architecture. Il s'agit en quelque sorte pour l'architecte de « déconstruire » sa philosophie architecturale, d'en déterminer les principes conceptuels (espacement, lumière, mouvement), pour les mettre en œuvre de manière paradigmatique à travers la construction et d'énoncer ainsi, à travers la constitution des dispositifs de ces édifices particuliers, la rhétorique qui expose les fondements essentiels d'une pensée en œuvre dans son architecture.

En 1947, après la partition des Indes britanniques, Nehru avait proposé à Le Corbusier de concevoir le plan d'une ville nouvelle qui devait devenir la nouvelle capitale de l'État du Pendjab.

Pour le Capitole de Chandigarh, centre institutionnel de cette ville nouvelle, l'architecte avait projeté et construit un ensemble d'édifices : la Haute Cour, le Parlement, le Palais du Gouverneur, le Secrétariat, représentant respectivement les quatre pouvoirs : judiciaire, législatif, exécutif, administratif.

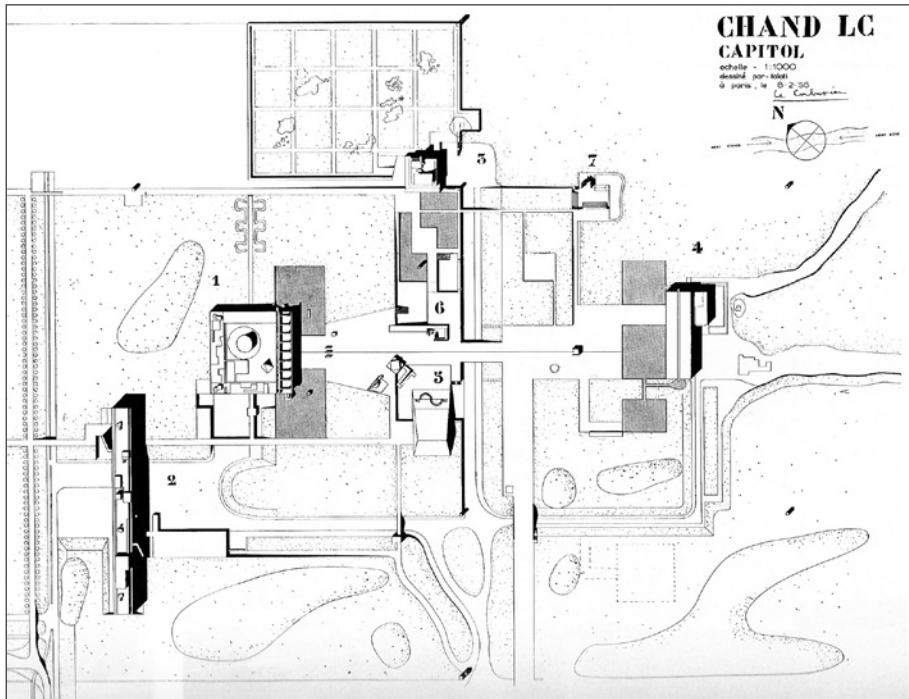


Figure 7. Plan du Capitole : 1. Palais de l'assemblée ; 2. Secrétariat ; 3. Palais du Gouverneur ; 4. Haute Cour ; 5. Tour d'Ombres ; 6. Monument au Martyr ; 7. Main Ouverte (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, dans Boesiger, 1985).

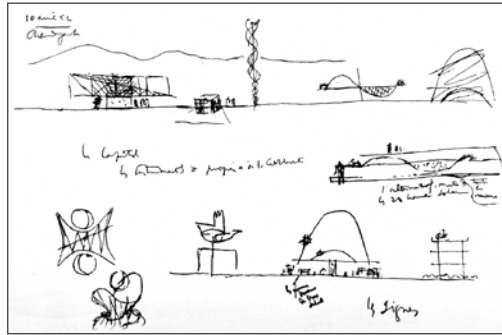
Hormis ces édifices, qui ont chacun un usage et une fonction institutionnelle bien précise, l'architecte avait également élaboré, notamment sur une demande de Jane Drew, sa proche collaboratrice, des objets architecturaux particuliers, qu'il considérait comme fondamentaux :

« Le Corbusier, vous vous devez d'installer au cœur même du Capitole les signes par lesquels vous êtes arrivé à exprimer d'une part l'urbanisme, et d'autre part votre pensée philosophique. Ces signes méritent d'être connus ; ils sont la clef de la création de Chandigarh » (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, dans Boesiger, 1985, p. 123).

Ainsi, les signes, « clefs de la création de Chandigarh » projetés pour le Capitole, sont des objets architecturés dont la finalité est l'expression de la pensée de l'architecte et de la philosophie sous-jacente de son architecture. La Main Ouverte, la Tour d'Ombres et le Monument au Martyr seront donc conçus dans une intention programmatique et une

fonction démonstrative : celle d'incarner expressément les aspects essentiels de la pensée architecturale de leur auteur.

Figure 8. Les signes (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, dans Boesiger, 1985).



À travers eux, Le Corbusier nous montre et nous démontre l'art de bien architecturer. On pressent que chaque signe développe une proposition particulière, un énoncé sur l'architecture à travers la constitution de leur dispositif formel.

Par l'écriture des rapports, chaque signe manifeste et expose de manière singulière :

- Une expression sur la lumière pour la Tour d'Ombres ;
- Une expression sur le mouvement et le temps, sur le parcours, pour le Monument au Martyr ;
- Une expression sur l'espacement et l'harmonie des mesures pour la Main Ouverte.

Pour autant, et au-delà de ce « contexte rhétorique », la conception de ces trois architectures manifestes ne conduit pas Le Corbusier à renoncer aux effets suggestifs de sa poésie des rapports. La logique qui apparaît dans l'immanence du dispositif y reste soutenue par les principes syntaxiques qui fondent pour lui le langage de l'architecture. La lecture du Monument au Martyr nous permettra de comprendre comment ce langage éloquent des rapports peut se conjuguer aux modalités d'un programme didactique et converger vers une forme de métaphysique architecturale particulièrement aboutie.

LE MONUMENT AU MARTYR

Au milieu du Capitole, à proximité immédiate de la Tour d'Ombres, s'érige au cœur des bâtiments ce signe appelé Monument au Martyr. Cet édifice prend place au centre d'un complexe spatial. Son dispositif architectural, composé pour l'essentiel d'une rampe, ordonne et donne à voir une multiplicité de composés urbains, architecturaux et paysagers.

Au-delà de la centralité urbaine manifestée, cet édifice médian construit un point de vue. Par l'ordonnancement de son architecture, Le Corbusier fait de ce dispositif central le lieu d'une vision, d'une condensation des

perceptions, des événements urbanistiques. « Monuments... Celui-ci est formé d'événements urbanistiques : c'est à Chandigarh, sur l'esplanade qui relie l'Assemblée et la Haute Cour. Il s'agit du Monument au Martyr, formé d'une rampe de béton permettant d'envisager, de haut, l'ensemble du Capitole et assurant une promenade en montée et en descente » (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, dans Boesiger, 1965, p. 110).

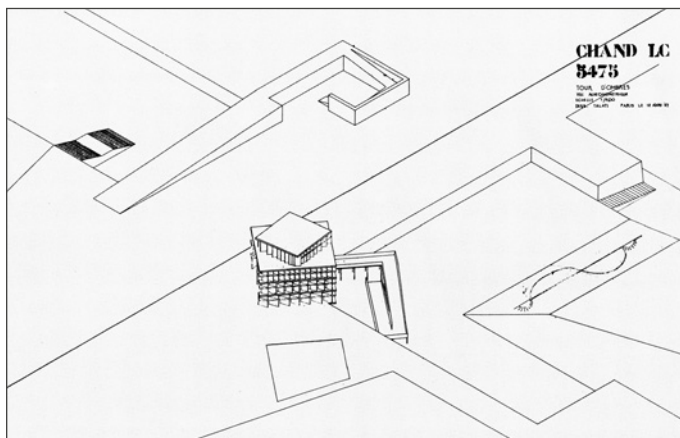


Figure 9. Axonométrie du Monument au Martyr et de la Tour d'Ombres (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, dans Boesiger, 1965).

Pour envisager l'ensemble urbain, ce parcours, constitué par une rampe, engage le mouvement. Ce déplacement est une manière d'appréhender la totalité, de manière optique et conceptuelle. Il s'agit tout à la fois de découvrir, de regarder, de parcourir en esprit, de considérer par la pensée un dessein qui se représente à nos yeux. Ce « foyer visuel » engage, par les montées et les descentes, la mobilité du corps tout comme il engendre un mouvement de la pensée. Ainsi se construit par l'intensité dynamique d'un parcours, par les tensions du corps qui parcourt, une intention perceptiviste. Cette résolution détermine les convergences d'une vision qui va édifier les différents événements spatiaux perçus et qui permettra de considérer l'unité, l'harmonie de l'ensemble. Ce centre de visions organise un milieu qui, par les rapports visuels qu'il engendre, actualise par l'ordonnement de son parcours les virtualités qui se présentent au regard.

RAPPORT ENTRE SCÉNARIO ARCHITECTONIQUE ET MÉTAPHORE DE LA VIE D'UN HOMME

Ce dispositif, telle une instance, impose des positions du corps. Il détermine des regards et, par les mouvements induits et les moments construits d'un espace-temps, ordonne un parcours physique qui nous renvoie à une métaphysique de la vie. Ce scénario associe la lente élévation qui caractérise l'évolution de la vie à la découverte progressive du paysage. Cette promenade architecturale avec sa large montée nous ouvre et nous élève, dans un premier temps, tout en augmentant nos perceptions et notre découverte du paysage environnant. Puis, au sommet de la montée, il y a un seuil qui renvoie à l'apogée de la vie. À ce zénith correspond un ébranlement signifié par un ensemble sculptural (tumulus de pierres supportant un bestiaire sculpté avec un chien et un serpent). À partir de ce summum, la rampe se réduit soudainement et nous engage sur la pente du déclin – une descente qui s'accompagne de la disparition progressive du paysage qui symbolise la mort et l'enfermement par cette privation progressive de la faculté de voir. Au terme de ce cheminement, nous sommes arrêtés dans un enclos où seuls les murs de la rampe et le ciel restent visibles. L'issue de ce parcours est finalement ponctuée par la représentation d'un modulator couché.

RAPPORT ENTRE VUES ET VIE

Ce dispositif se veut l'expression métaphorique de la vie d'un « martyr », du parcours d'un homme confronté aux circonstances, aux souffrances et aux difficultés de l'existence qu'il endure. Il est constitué par une succession de points de vue tels qu'ils conditionnent la vie et qui rappellent aussi l'importance et l'attachement de Le Corbusier à la prééminence de la vue, à la primauté du rétinien, dans sa conception de l'architecture. Le scénario qui articule la déambulation du Monument fait naître, exister, puis disparaître des vues successives qui sont comme autant d'instantanés de vie. Comme dans un cycle de vie, la rampe d'abord nous élève, nous ouvre des vues sur le paysage puis, après un seuil, nous condamne à une descente, à un déclin où la vue s'abîme et préfigure la mort. À ce stade ultime, le ciel offre la seule l'échappée visuelle envisageable : c'est la vision qui s'offre au modulator couché, tel un gisant.

RAPPORT ENTRE DEDANS ET DEHORS

La singularité de l'édification de cette architecture est de contenir dans la continuité de son parcours, une multiplicité de rapports entre le dedans et le dehors. Cette dialectique prend place dans un espace qualifié par les bâtiments et par les paysages naturels et artificiels, mais aussi par l'esplanade, dont les mouvements du sol forment, entre le creux des bassins et le plein de monticules, une multiplicité d'éléments différents qui animent le regard.

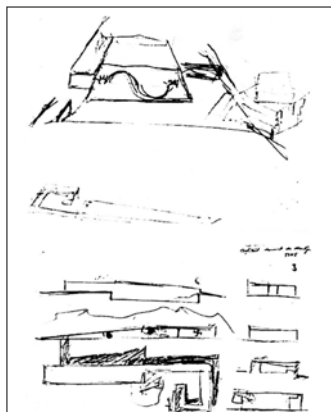


Figure 10. Croquis d'étude pour le Monument au Martyr (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, dans Boesiger, 1965).

L'architecte a introduit, au cœur du Capitole, un dispositif qui va actualiser l'ensemble des éléments paysagers, par le parcours qu'il met en œuvre au sein de cet espace. La nature même du mouvement et la perception de l'ensemble nous engagent dans un rapport entre le dehors et le dedans. La montée de la rampe nous élève dans un lieu délimité et qualifié dont les murs qui nous font face sont les façades des bâtiments environnants et les vues du paysage. Le sol, composé par le terrain travaillé en creux, fonde une base et le ciel couronne, tel un toit. Ils constituent tous deux les autres limites de l'ensemble. Ces déterminants apparaissent comme autant d'éléments de clôture permettant de qualifier, d'actualiser ce dehors comme un dedans.

RAPPORT À LA FIGURE DE LA SPIRALE

La géométrie qui soustend le monument est proche d'une spirale. Cette figure ouverte suggère un changement progressif, un mouvement continu, qui induit dans la perception de l'espace une évolution lors de la montée, puis une involution pour la descente : c'est un passage progressif qui mène de l'hétérogène d'une extériorité vers l'homogène d'une intériorité au fur et à mesure que la vision de l'extériorité des bâtiments cesse de nous parvenir. Et l'on recentre notre perception sur la réalité d'un espace qui se forme, un dedans qui se centre et se concentre sur un espace, qui définit son enclos par le seul mouvement de la figure générique.

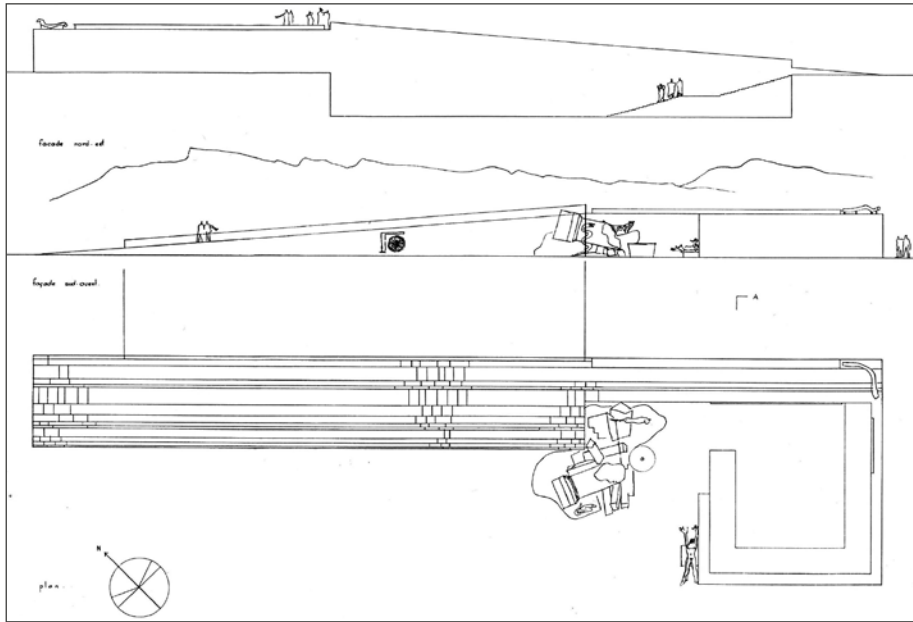
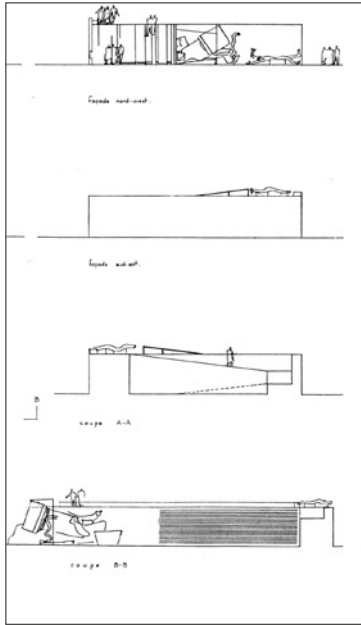


Figure 11. Plan, élévation, coupe du Monument au Martyr (fragment)
 (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, dans Boesiger, 1965).

Ce changement modifie sans cesse les perceptions et les rapports. Ces fluctuations continues s'inscrivent dans un cadre répétitif qui marque un caractère cyclique d'évolution dans une continuité. Ce rapport particulier d'un mouvement qui se renouvelle sans cesse exprime la mobilité des corps dans une certaine unité d'ordre et, inversement, la permanence de l'être dans sa mobilité. Cette continuité cyclique, ce développement d'un mouvement dans un espace-temps donné, volontairement contraint, marque cette dimension constitutive de l'architecture qui met en œuvre, dans la nécessaire statique de sa construction, une dynamique architecturale induite par la création de rapports différenciés. Ces derniers suggèrent la mobilité de l'esprit, par la seule organisation des mouvements du corps, des sensations et des perceptions qu'ils construisent. Ainsi, ce signe paradigmatique instruit-il une figure du temps dans l'architecture, une permanence qui, par une poésie des rapports, exprime la dynamique de l'esprit, le mouvement des émotions.

RAPPORT AU CORPS

La continuité du parcours est structurée par des composantes simples de l'architecture dont la mise en œuvre impose au corps des rapports



spatiaux singuliers mobilisant l'esprit. Singulière parce qu'opposée, la douce montée linéaire de la large rampe est le pendant étroit de la descente plus abrupte, plus étroite et circulaire. Ainsi, les différents moments que qualifient les rapports dans le dispositif ordonnent un espace mettant en jeu un rapport manifeste au corps. Cette manifestation par « l'inverse » énonce, dans la succession des actions (Monter – Descendre), des situations spatiales affirmées. Ainsi se mettent en rapport le « Large » et « l'Étroit », le fait d'être « Sur » un objet ou « Dans » un objet, de se situer « Au-dessus » ou « En-dessous ».

Figure 12. Le Corbusier, coupe, élévations (fragment) du Monument au Martyr (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, dans Boesiger, 1965).

D'autres rapports se manifestent par ce lien entre le corps et les limites matérielles. Ainsi le garde-corps, qui vise à retenir le corps, constitue également une limite visuelle qui implique un rapport contraint au paysage : c'est une vue orientée par une direction latérale dominante pour la montée et, inversement, par une direction verticale induite par la descente. Ces impositions faites au corps et à la vue par les rapports différenciés sont segmentées, et scandent les parties et les moments de l'architecture qui renvoient à la métaphore de la vie.

RAPPORT AU TEMPS

Chaque moment, chaque espace conditionne certaines actions ou certaines situations du corps dans l'espace. La continuité du parcours mène à un déroulement successif de ces événements dans le temps. Les moments ainsi ordonnés conduisent à des changements dans la perception de la totalité.

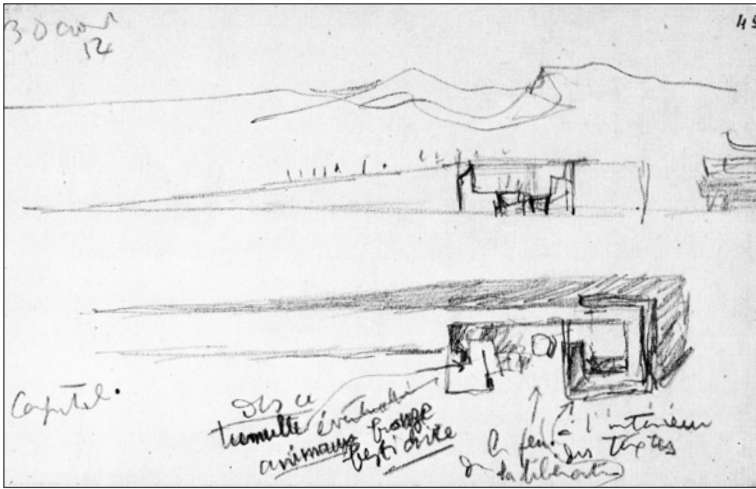


Figure 13. Dessin n° 91, 30 août 54
(JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, dans Boesiger, 1965).

Ce n'est pas uniquement un changement dans la nature du mouvement (monter, descendre) qui se manifeste, mais un changement de situation du corps par rapport à l'espace, l'inscription d'un autre rapport au paysage et à la vision du tout spatial. Ainsi s'articulent dans cet énoncé les composantes de l'espace, du temps, du mouvement et du corps qui, par les rapports qu'ils engendrent, contribuent à l'expression de la pensée architecturale. Parallèlement à ce temps concret, immédiat du parcours qu'induit l'ordonnancement matériel des moments, se met en œuvre un temps abstrait. Ce temps spirituel, universel, est matérialisé par des manifestations spatiales de l'architecture, mais également par un dispositif symbolique qui le parachève.

RAPPORTS ENTRE ARCHITECTONIQUE ET SYMBOLIQUE

La figure induite de la spirale constitutive de l'architecture est, en soi, une figure ouverte. Elle manifeste les rythmes répétés de la vie, du temps qui fait retour et qui s'écoule. La spirale, figure conventionnelle du temps, évoque l'évolution d'une force, d'un état fluctuant et ordonné des choses, permettant d'établir à chaque instant les rapports entre le passé et le présent de la perception. Et cette figure, si fréquente dans la symbolique de la croissance naturelle, construit ainsi un équilibre dans le

déséquilibre, un ordre au sein du changement, et « avec sa double signification d'involution et d'évolution la spirale rejoint le symbolisme de la roue » (CHEVALIER et GHEERBRANT, 1982, p. 909).

On comprend donc pourquoi Le Corbusier a apposé cette figure de la roue, incrustée dans le béton, sur la face de la rampe. Elle « se rapporte au monde du devenir, de la création continue. [...] Elle symbolise les cycles, les recommencements, les renouvellements » (CHEVALIER et GHEERBRANT, 1982, p. 826).

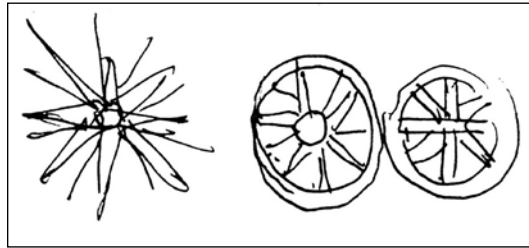
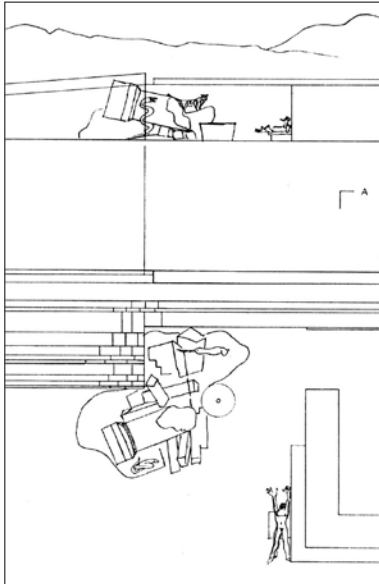


Figure 14. Les signes – la roue (détail) (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, dans Boesiger, 1965).

À cette roue qui représente le monde en devenir, la création continue, il a joint un angle droit qui « cadre » la roue, qui la soutient et la contient dans son espacement. Cette association signifie, tel un blason, la devise d'une architecture en devenir, déterminée par la poésie de l'angle droit. À l'ordonnancement architecturé de l'édifice, au lieu du niveau supérieur de l'élévation de la rampe, se pose



un amas de pierres taillées scellées dans une base. Cette symbolique de l'enchevêtrement, qui s'oppose à l'ordre de la rampe, exprime la complication d'un moment, difficile à débrouiller, à dénouer. « L'enchevêtrement [...] précise sa symbolique par celle du nœud » (CHEVALIER et GHEERBRANT, 1982, p. 403). Et « défaire les nœuds, c'est atteindre l'immortalité [...] Le nœud est une sorte de labyrinthe qui doit être parcouru jusqu'à ce que soit atteint le centre, résolution et délivrance » (CHEVALIER et GHEERBRANT, 1982, p. 668).

Figure 15. Vue en plan et élévation du « tumulus » et du gisant (détail) (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, dans Boesiger, 1965).

« Sur un plan spirituel, dénouer les liens signifie se libérer des attachements, pour vivre à un niveau plus élevé. Quand les nœuds sont dénoués, la mort survient, c'est-à-dire la véritable vie » (CHEVALIER et GHEERBRANT, 1982, p. 669).

L'enchevêtrement de pierres voulu par Le Corbusier marque une étape décisive de la vie d'un homme, une vision nouvelle, qui mène inéluctablement à sa fin, au renoncement à la vie matérielle, pour s'élever vers le « spirituel ». Cet amas de pierres, tel un autel, incarne également la célébration du « sacrifice », lieu et moment commémoratif qui marque la fin du périple du martyr, et au terme duquel on le retrouve gisant. Ce parcours symbolique est accompagné par deux figures majeures, le chien et le serpent.

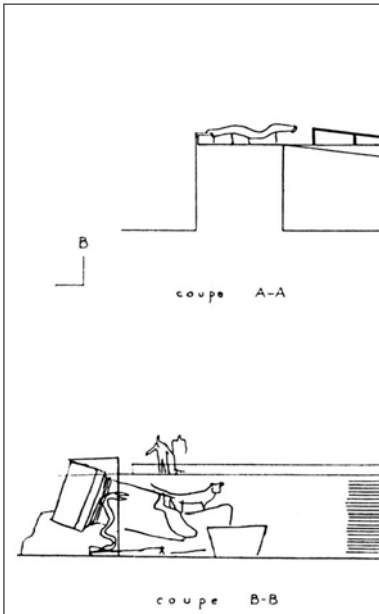


Figure 16. Vue en élévation du serpent et du chien (détail) (JEANNERET, C. E. – LE CORBUSIER, dans Boesiger, 1965).

La statue du chien qui surplombe l'amas se présente comme « guide de l'homme dans la vie » : il « guide les morts dans l'au-delà. Il sert d'intercesseur entre ce monde et l'autre, de truchement au vivant pour interroger les morts et les divinités » (CHEVALIER et GHEERBRANT, 1982, p. 240). Le chien « est à la fois le sage ou le saint, qui se purifie en se dévorant, c'est-à-dire en se sacrifiant en lui-même, pour accéder enfin à l'étape ultime de sa conception spirituelle » (CHEVALIER et GHEERBRANT, 1982, p. 245).

Le serpent qui se présente en fin de parcours à l'opposé du gisant représente « l'archétype fondamental lié aux sources de la vie et de l'imagination permettant de redonner harmonie et liberté à l'homme. La poésie, les arts et les sciences ont le serpent comme attribut » (CHEVALIER et GHEERBRANT, 1982, p. 879).

L'apport de ces figurations établit une relation évidente entre syntaxe constructive et syntaxe symbolique. Elles soulignent la destination du Monument au Martyr à servir d'œuvre programmatique où les vocables de l'architecture énonceraient une double ambition. Celle de dissenter sur l'art de bâtir et de construire simultanément une pensée métaphorique

et métaphysique sur la condition humaine. D'un plan à l'autre, de la coupe à l'élévation, du schéma symbolique au signe iconique, le discours de Le Corbusier confirme son essence poétique par le jeu des images et des rimes croisées, des consonances entre formes et sensations, images et concepts. À l'image du serpent, le geste architectural de Le Corbusier se conçoit comme une esthétique des glissements, des passages, des passerelles, des relations harmonieusement articulées et dont le juste rapport serait toujours la règle.

POÉSIE DES RAPPORTS ET ARTEFACT

L'ensemble et la diversité des correspondances qui incarnent et articulent ce monument peuvent donc achever de nous convaincre de l'importance de la notion de rapports dans l'élaboration d'une pensée qui lie l'artefact à la vie. Le dessein explicite de cette notion est d'instituer le rapport comme syntaxe essentielle de l'architecture. Le rapport est le moyen de sa mise en ordre : il en est le mobile, comme le mode de penser. C'est une raison qui sollicite le raisonnement et qui engage les éléments de l'architecture, par leur constitution et leur disposition, à saisir notre esprit, convoquer les émotions et provoquer le mouvement de la pensée.

Le rapport, dans une œuvre architecturale, en devient la raison même, son mobile essentiel. Il est de ce fait ce qui permet précisément de rapporter, de reporter la pensée dans l'œuvre. Il est ce qui meut l'esprit, mouvemente la pensée et ébranle le statisme de la construction par la dynamique des motions mises en œuvre.

Par l'inscription de rapports intentionnels énoncés avec éloquence et harmonie, l'architecture s'élève ainsi au rang d'un art poétique apte à susciter chez celui qui la contemple ou l'habite des réactions tout à la fois affectives et intellectuelles, symbolique et métaphysique.

Références

- BOESIGER, W. (dir.). (1985). *Le Corbusier, Œuvre complète, vol. 5. (1946-1952)*. Zurich : Artémis.
- BOESIGER, W. (dir.). (1965). *Le Corbusier, Œuvre complète, vol. 7. (1957-1965)*. Zurich : Artémis.
- CHEVALIER, J. et A. GHEERBRANT, A. (1982). *Dictionnaire des symboles*. Paris : Laffont/Jupiter.
- JEANNERET, C. E. – Le Corbusier. (1984). Architecture, peinture, sculpture. Dans F. De Francieu (dir.). *Le Corbusier Savina, Dessins et sculptures* (p. 10-11). Paris : Philippe Sers, Fondation Le Corbusier.
- JEANNERET, C. E. – Le Corbusier. (1983). *Le modulator*. Paris : L'architecture d'Aujourd'hui, Fondation Le Corbusier.
- JEANNERET, C. E. – Le Corbusier. (1977). *Vers une architecture*. Paris : Arthaud.
- JEANNERET, C. E. – Le Corbusier. (1975). *Almanach d'architecture moderne*. Turin : Bottega d'Erasmus.
- JEANNERET, C. E. – Le Corbusier. (1960). *Précisions sur un état présent de l'architecture et de l'urbanisme*. Paris : Vincent Fréal.
- PETIT, J. (dir.). (1970). *Le Corbusier lui-même*. Genève : Éditions Forces Vives.

Chapitre 12

Yves-Claude Lequin

Apprendre à codécider
souverainement dans
une société complexe

Apprendre à codécider souverainement dans une société complexe

Yves-Claude Lequin

INTRODUCTION

La société a toujours été complexe et elle le devient chaque jour davantage. Après les millénaires où les humains usèrent d'outils, puis les deux siècles où ils ont bénéficié de machines, est survenu – essentiellement au ^{xx}e siècle – un temps où leur action commence à s'inscrire dans des systèmes techniques (matériels, économiques, politiques...) de vaste envergure, extrêmement complexes et puissants (tant dans le travail, la consommation que les loisirs), systèmes qui – sans échapper à l'espèce humaine – sont soumis à des pouvoirs (économiques et politiques, privés ou publics) extrêmement concentrés et puissants, généralement associés de diverses manières à l'État, nation par nation, même lorsqu'ils ont une dimension multinationale (comme les systèmes numériques, par exemple). Après une phase de désespoir (où l'opinion dominante considérait que l'Homme serait définitivement assujéti à ses créations), on a vu grandir durant le ^{xx}e siècle, sous différentes formes et avec des intensités diverses sur plusieurs continents, des projets de « démocratie technique ». J'évoquerai ici cette aspiration émergente, à propos de la France.

LA DÉMOCRATIE LIBÉRALE ET SES LIMITES

Amorcée dès la Renaissance, théorisée au XVIII^e siècle¹, la démocratie libérale s'est progressivement établie dans le monde durant les deux siècles suivants, à travers un système de délégation de pouvoir, où les citoyens élisent des représentants, qui eux-mêmes choisissent les gouvernants, chargés de conduire la politique de leur pays et de régler ce qui est alors considéré comme les affaires communes, sachant que les choix économiques, ainsi que les choix techniques fondamentaux sont considérés comme une affaire privée (celle des propriétaires, en ce qui concerne l'agriculture ou l'industrie) ou de l'État (s'agissant de son propre domaine), ce que les mouvements socialistes et anarchistes commencent à contester dès la fin du XIX^e siècle.

Deux grandes tendances nouvelles s'affirment dans la seconde moitié du XX^e siècle :

- Une concentration économique, d'abord relativement lente en France, s'affirme puissamment depuis les années 1950, imposant un pouvoir de décision privé sur l'économie et sur la décision politique elle-même.

- Cependant, en Europe nordique puis en France, divers courants d'opinion s'interrogent sur certains choix techniques touchant à la société dans son ensemble ou aux personnes, et commencent à interpeller les Pouvoirs publics : sur des questions sanitaires (Sida, transfusion sanguine), sur l'énergie nucléaire, sur certains grands équipements (autoroutes, canaux à grand gabarit, TGV, etc.), ainsi que sur les systèmes numériques de communication aux effets contradictoires, tant en information qu'en formation, et sur les individus eux-mêmes. Et cela surtout depuis que se sont constitués des groupes économico-politiques, disposant de pouvoirs planétaires d'influence et de conditionnement des opinions individuelles et collectives (Google, etc.).

Dès lors, on commence (aux USA, en Europe anglo-saxonne et helvétique) à s'interroger publiquement sur la capacité des citoyens à exercer leur pouvoir non seulement dans la sphère traditionnellement considérée comme le champ privilégié de l'expression politique, mais également en ce qui concerne les choix stratégiques à opérer dans les domaines techniques à grande portée. C'est ce qu'on s'est mis à désigner, par extension, comme « démocratie technique ». Avec quelques décennies de décalage, en France (dont la tradition considérait, depuis le XVII^e siècle, que les

1. Voir l'article *Représentants*, rédigé par D'Holbach en 1765, dans l'*Encyclopédie* de Diderot et D'Alembert (1780).

systèmes techniques se réduisaient à des applications des sciences, sans qu'interviennent des choix stratégiques des entreprises ou de l'État), on a commencé au ^{xxi}^e siècle à s'intéresser également à la perspective d'une délibération publique sur certains choix techniques fondamentaux (choix sanitaires, grands équipements de transports, systèmes énergétiques, etc.), d'où de nouvelles interrogations ou propositions concernant l'information et – en amont – la formation des citoyens.

QU'ENTEND-ON PAR « DÉMOCRATIE TECHNIQUE » ?

Cette expression, principalement diffusée depuis le dernier tiers du ^{xx}^e siècle dans plusieurs pays, en Amérique du Nord, puis en Europe occidentale, a d'abord désigné diverses procédures visant à ce que les citoyens soient consultés – si possible en amont et non après coup, comme il est fréquent – sur de grands projets envisagés par leurs États respectifs (qu'il s'agisse de grands chantiers ou de questions sanitaires nouvelles). Puis, peu à peu, elle est devenue une attente, voire une revendication, concernant les techniques du travail ou celles qui font partie de l'univers « numérique », un peu plus tard les techniques du quotidien (alimentation, cadre de vie, etc.). Autrement dit, les systèmes techniques, qui depuis longtemps paraissaient « naturels » ou qui, depuis deux, voire trois siècles, sous l'influence des Lumières, des sciences « exactes », puis des systèmes d'organisation tels que le taylorisme et ses homologues étaient admis comme s'ils étaient des « applications des sciences », parfaitement rationnels et indiscutables, ont commencé à être suspectés (souvent à juste titre) d'incorporer ou de matérialiser des conceptions sociétales qui n'avaient rien d'universelles ni d'unilatéralement bénéfiques aux humains ni aux milieux naturels. Autrement dit, les systèmes techniques du quotidien, désormais soumis à des interrogations, puis à des interpellations collectives, ont commencé à entrer dans la réflexion « politique », à des degrés divers selon les peuples et suivant les milieux sociaux.

Des États commencent à prendre ou à reprendre politiquement le pouvoir sur les systèmes techniques qui – en principe – dépendent d'eux, mais qui sont généralement pilotés par des firmes multinationales ou par des organismes publics très centralisés et idéologiquement « technocratiques ». Des courants d'opinion naissent et se développent en faveur d'un pouvoir de décision à ce sujet. Sur tous les continents, et sous les formes les plus diverses, des peuples et des groupes de citoyens ne se contentent plus d'être « clients », « sujets » ou assujettis à ces divers systèmes techniques, qu'il s'agisse des systèmes qui font partie de la vaste sphère du

« numérique », de ceux de l'agrochimie, du machinisme agricole ou industriel, de la grande distribution, de la santé, de la « communication » ou de l'enseignement. Ils souhaitent aussi être consultés à ce sujet et en décider. Et, afin d'agir efficacement, ils désirent acquérir la capacité (personnelle et collective) de comprendre les choix techniques essentiels dans les divers domaines et leurs différents enjeux, non seulement en termes de coût, mais aussi et surtout en termes de bénéfices et de contraintes, aussi bien pour les personnes que pour la société humaine dans son ensemble, et pour l'environnement naturel local et global, aussi bien à court qu'à très long terme.

Telle est la tendance dominante dans le monde du ^{xxi}^e siècle, certes avec une très grande diversité de situations nationales et aussi d'intensité dans ce processus. Cependant, l'évolution n'est pas et ne sera jamais terminée : les perspectives de construction d'une démocratie technique dans telle ou telle partie du monde restent ouvertes. Comment renforcer ce mouvement, là où nous sommes, selon nos cultures propres et nos idéaux ?

Si la situation actuelle ni aléatoire ni fatale n'est en rien l'aboutissement d'aventures individuelles (« faustiennes » en quelque sorte), la reconquête d'une maîtrise des évolutions techniques ne saurait survenir d'une addition de volontés individuelles, ni d'un hypothétique État bienveillant : comme pour les étapes majeures dans l'évolution humaine, depuis les origines, et bien sûr avec une intensité sans précédent du fait même de l'excroissance de l'État dans toutes les parties du monde, le retournement des évolutions proviendra des choix politiques stratégiques qu'opéreront les divers peuples vis-à-vis de ces systèmes techniques, et par là même dépendra de la conscience, des initiatives et des capacités des citoyens dans chaque situation nationale spécifique. D'où une question qui revient de plus en plus fréquemment : que faire et comment faire pour que les humains acquièrent les capacités (en même temps que la volonté) à se libérer du despotisme des méga-systèmes techniques mis en œuvre au ^{xx}^e siècle principalement ? Quel rôle les systèmes d'enseignement peuvent-ils jouer, dès maintenant, pour contribuer à une compréhension commune de cette situation historique inédite et pour la transformer démocratiquement ?

FORMER TOUS LES CITOYENS, NON SEULEMENT DES SPÉCIALISTES « TECHNIQUES »

Dans cette perspective, deux questions majeures se posent en préalable :

a) Comment obtenir ou conquérir ce droit et ce pouvoir de décision dans les stratégies techniques (celles de l'État, celles des firmes et des autres grandes institutions privées ou publiques) ?

b) Quelles réformes (juridiques, institutionnelles, politiques) doit-on pérenniser pour que ce pouvoir s'exerce démocratiquement ?

Les citoyens eux-mêmes sont les plus directement intéressés à résoudre concrètement ces questions. Ce processus soulève d'emblée une autre question : comment faire pour qu'ils transfèrent leurs savoirs et savoir-faire (personnels et professionnels) dans le domaine de la décision politique commune ? Comment contribuer à ce que les futurs citoyens et citoyennes exercent une telle capacité de gouverner les choses et les systèmes techniques majeurs ? Sur ce point, je proposerai quelques réflexions autour de deux axes :

- Une initiation au choix technique, incorporable dans la culture générale.
- Une formation technique plus spécifique.

S'agira-t-il d'inventer une nouvelle discipline ? Ou d'introduire ces notions et ces savoirs dans l'enseignement existant ? À première vue, plutôt que de créer une nouvelle discipline (qui, en France, connaîtrait probablement la même marginalisation que la « technologie » pendant les deux siècles précédents), il me semble que cette initiation devrait impérativement être établie dans l'enseignement général, pour être enseignée à tous dès l'école primaire, puis de façon approfondie dans tout l'enseignement secondaire, qu'il soit « littéraire », scientifique, professionnel ou technique. En effet, c'est une nouvelle tournure de pensée dont il s'agit de favoriser l'éclosion et l'expansion dans la culture générale de la population. Si cette ouverture à la compréhension des systèmes techniques devait s'inscrire dans une discipline existante (afin d'éviter un fractionnement encore plus grand), ce serait naturellement là où l'éducation à la citoyenneté devrait être la plus poussée, c'est-à-dire dans une éducation civique complètement métamorphosée.

POUR TOUS, UNE ÉDUCATION CIVIQUE RENOUVELÉE, ÉLARGIE ET APPROFONDIE

Une éducation civique démocratique, digne de ce nom, ne devrait pas se borner pas à décrire les institutions politiques actuelles et initier à la pratique électorale ordinaire (apprendre à voter pour élire les représentants aux collectivités locales, le député ou sénateur, le Président de la République) : elle devrait insister sur les droits et sur les pouvoirs *actuels* du citoyen (Déclaration de 1789, Déclaration universelle des Droits de l'Homme de 1948, Constitution de 1958). Elle aurait aussi pour mission d'explorer les autres domaines de pouvoir, notamment ceux qui concernent la décision dans la vie ordinaire, dite « pratique ». Renouvelée, cette éducation civique devrait signifier :

- a) Instruire concrètement sur les droits, les devoirs et les pouvoirs des citoyens, dans tous les domaines, y compris dans les domaines de l'économie, de la société, de l'environnement naturel.
- b) Ouvrir la réflexion sur les diverses possibilités et sur les points d'appui pour une intervention des citoyens dans tous ces domaines.
- c) Insister plus particulièrement sur les grands systèmes techniques.
- d) Dès le plus jeune âge, inciter à l'expérimentation.
- e) Elle serait incluse au premier rang des disciplines, jusqu'au bac inclus.

En primaire et en secondaire, cette éducation civique complètement repensée devrait être généralisée, en lui accordant une importance primordiale dans les systèmes d'évaluation de l'élève, au même titre que les disciplines jugées « principales ».

UNE ÉDUCATION CIVIQUE INSISTANT SUR LES POUVOIRS TECHNIQUES

Ceci suppose un enseignement qui apporte une connaissance beaucoup plus approfondie sur les différents systèmes techniques (et qui soit constamment mis à jour sur leurs évolutions), en particulier sur les « méga-systèmes techniques », selon une expression familière aux auteurs nord-américains, et francisée par Christian Gras : soit une conception élargie de la démocratie qui mette en évidence les temps forts et les points d'appui potentiels pour une codécision citoyenne ; qui ouvre la réflexion sur tous les domaines d'intervention possibles et sur les divers modes d'action accessibles aux citoyens ; qui contribue à une étude personnelle (par les élèves) des techniques du quotidien, celles de l'école et celles de la vie courante ; qui insiste sur les droits sociaux et sur les devoirs associés ainsi que sur les droits et les devoirs économiques des particuliers et des

firmes ; enfin qui se prolonge par un travail d'apprentissage (simulé ou réel) de transformation technique. Tout citoyen et futur citoyen devrait obligatoirement bénéficier d'un bagage de ce type.

DANS L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

Dans les différentes composantes de l'Enseignement supérieur (aussi bien dans les différentes facultés universitaires – y compris en Sciences humaines et surtout en Droit – que dans les écoles d'ingénieurs et Grandes écoles), cette éducation civique devrait être fondamentalement pensée *comme composante d'une Science politique pour tous*, science également à repenser de fond en comble. Souvenons-nous qu'au XVIII^e siècle, voici deux cent cinquante ans, la technologie fut constituée, comme discipline intégrée dans les sciences politiques : celles-ci furent alors inventées à l'usage des classes dirigeantes (aristocratiques et bourgeoises) de l'époque, d'abord dans les États germaniques les plus avancés, afin de leur donner à comprendre ce que représentait comme bouleversement, l'industrialisation qui débutait à ce moment là, et afin de consolider leur hégémonie politique dans ce nouveau contexte. En revanche, en France, les divers projets pour aller en ce sens seront rejetés ou très peu mis en œuvre (aussi bien avant, pendant qu'après la Révolution française, dont le libéralisme s'accorda mal avec les projets populaires concernant le travail). Il me semble qu'on pourrait et devrait recréer une technologie de ce type dans le contexte du XXI^e siècle, évidemment une technologie comme science de la décision stratégique dans les principaux domaines techniques, comme science qui s'adresserait aussi bien aux futurs ingénieurs et autres responsables « techniques » qu'à toutes les catégories de décideurs, dans et hors des entreprises ou bureaux, puisque partout des choix techniques sont à opérer ; et aussi, à des niveaux moins élevés, mais tout en restant bien concentrés sur la compréhension des choix techniques associés à des productions (aussi bien agro-alimentaires qu'industriels) que des choix techniques qui sont associés aux métiers des « services » (commerce, communication, enseignement, etc.). Sans oublier enfin de former ainsi les élus de tous niveaux (depuis les municipalités jusqu'aux Parlements) et ceux qui ont en charge des fonctions administratives. Tous ceux qui ont à prendre des décisions concernant des collectifs humains, petits ou grands, ont et auront des choix techniques à opérer, qui débordront toujours le périmètre de leur charge : c'est dire qu'ils bénéficieraient incontestablement d'une formation générale orientée vers la compréhension des systèmes techniques.

UNE ÉDUCATION GÉNÉRALE INCLUANT UNE « CONCEPTION » D'OBJETS

Cette éducation devrait systématiquement instruire sur les principaux systèmes en activité (agro-alimentaire, industrie, numérique, administratif, industriel, commercial...) avec une partie d'étude personnelle et aussi d'investigation sur les voies et les modalités concrètes des processus de décisions techniques dans quelques domaines concrets, ainsi que sur les modes d'influence qui accompagnent ces cheminements décisionnels. Cette éducation devrait trouver place en s'associant aux disciplines « classiques » (littéraires, techniques et scientifiques) et pas seulement « à côté » d'elles.

Transposer en formation civique certaines méthodes de « conception »

À cette fin, on pourrait procéder à une transposition de méthodes usuelles dans certaines formations aux métiers de la conception industrielle, transposition qu'on peut ici résumer brièvement. Le principe de l'exercice est simple : on donne à un élève, étudiant ou personne en formation continue, l'objectif de reconcevoir un objet ordinaire, banalement répandu, à l'intention d'un public prédéterminé (homme ou femme, telle tranche d'âge, tel milieu social ou professionnel, issu de telle région et de telles traditions culturelles), de manière à ce qu'il remplace avantageusement pour eux ce qui existe déjà. Il ne s'agit pas, bien sûr, d'en assurer la production effective, mais de repenser des objets courants de façon à ce qu'ils soient mieux adaptés aux évolutions des modes de vie et de travail et surtout qu'ils répondent au plus près aux attentes souvent spécifiques de chaque milieu socio-culturel retenu. On ne demanderait certes pas à ces élèves, étudiants ou stagiaires de concevoir des objets ou des projets avec le même degré d'exigence technique que dans l'exercice des métiers réels de conception industrielle. Cependant, on devrait exiger une grande cohérence dans l'exercice, ainsi qu'une représentation de leur projet (dessin ou schéma numérique) et la réalisation d'une petite maquette matérielle (en carton ou autre matériau ordinaire), ainsi qu'un minimum de réflexion sur la faisabilité et surtout une adéquation significative avec les cultures, les aspirations et les projets spécifiques du groupe qui est censé bénéficier de l'objet ou du service ainsi expérimentalement conçu.

Apprendre à penser des projets en fonction de l'avenir tel que l'envisagent les destinataires de ces projets.

Cette méthode a l'avantage de s'adapter à tous publics, sans nécessiter de « qualifications » techniques hautement spécialisées. Elle pourrait convenir à tous publics. Et surtout, elle affaiblirait dans les esprits et éloignerait le spectre si français, de l'invention conçue soit comme l'étincelle géniale du professeur Cosinus, soit comme une « application des sciences » dérivant des découvertes récentes de la chimie, de la physique, de la mécanique ou de l'informatique... et s'imposant à tous, sans discussion possible. Cette démarche oblige le concepteur à placer le public potentiellement bénéficiaire à la fois en amont et en aval de son travail d'invention : donc, impérativement, de commencer par étudier les caractéristiques socio-culturelles de ce public, sa culture, ses projets et ses attentes, avant de commencer son travail de conception-reconception, et de conduire rigoureusement celui-ci dans la perspective des attentes de ce public, attentes personnelles, professionnelles et préférences culturelles et non selon les préférences ou les idéaux du concepteur.

Ce type d'exercice n'aurait évidemment pas pour but de former des concepteurs-designers professionnels, mais d'accoutumer les futurs administrateurs ou les responsables politiques de tous niveaux (depuis les associations ou conseils municipaux villageois, jusqu'au sommet de l'État) à concevoir des projets et des aménagements de tout ordre, prioritairement en fonction des attentes du public visé et non selon les préférences, les habitudes ou les visions futuristes personnelles du décideur en question ou de son institution.

EN GUISE DE CONCLUSION : COMMENT PRÉPARER LES FUTURS CITOYENS À UNE CODÉCISION « TECHNIQUE » ?

À cette fin, on pourrait s'inspirer de certaines pratiques développées dans certaines écoles d'ingénieurs qui ont pris leurs distances avec le modèle historique français des « sciences appliquées ». Notamment dans les INSA et les Universités de Technologie, où l'on conçoit davantage la technologie comme une « science humaine » (selon l'heureuse formule d'André-Georges Haudricourt, puis de François Sigaut), où on intègre les sciences humaines pour former professionnellement les spécialistes de « la » technique. Au départ (années 1950), il s'agissait de former des futurs ingénieurs aptes à comprendre la complexité des projets qu'ils auraient à conduire (jamais exclusivement « techniques »), mais aussi à

se faire comprendre de leurs équipes. Par la suite, après 1968, une autre préoccupation s'est fait jour dans leur formation : que ces ingénieurs et techniciens prennent mieux en compte les préoccupations et les attentes de la population. Aujourd'hui et demain, il s'agira que ces « spécialistes de la technique » soient pleinement partie prenante du devenir commun de l'espèce humaine, non seulement sur le plan matériel et « technique », mais aussi en ce qui concerne l'élargissement de la démocratie – et de son approfondissement, à tous les domaines où se prennent des décisions qui influent sur le devenir de l'espèce humaine.

À cette fin, à la fois à l'intention des futurs spécialistes des domaines techniques, mais aussi dans l'instruction destinée à tous, on pourrait concevoir une nouvelle composante de l'enseignement général qui intègre systématiquement une compréhension des choix techniques fondamentaux : afin que chaque citoyen sache se faire une opinion qualifiée sur les choix techniques qui se font et se feront socialement à l'avenir. Il s'agirait d'apprendre à chacun, comment on peut reconcevoir le réel dans la vie quotidienne, depuis la commune jusqu'au sommet de l'État, pour devenir un citoyen décideur dans une démocratie technique, puis devenir un responsable à des degrés divers. De l'infiniment petit à l'infiniment grand. Autrement dit, apprendre à reconcevoir des objets réels pour devenir ensuite un citoyen décideur, capable de réorienter l'État et les mégasystèmes techniques, sans être soumis à des impératifs présentés comme « incontournables », parce que « techniques » et apprendre à soumettre les choix techniques majeurs à la délibération de citoyens plus qualifiés, afin d'approfondir la démocratie à l'âge des « mégasystèmes techniques ».

Références

- AMARTYA KUMAR, S. (2006). *La démocratie des autres. Pourquoi la liberté n'est pas une invention de l'Occident*. Paris : Payot et Rivages.
- BECKMANN, J. (1777/1809). *Anleitung zur Technologie, oder zur Kenntniß der Handwerke, Fabriken und Manufacturen*. Göttingen : Vandenhoeck.
- CALLON, M. (2000). Des différentes formes de la démocratie technique. *Les Cahiers de la sécurité intérieure*, 38, 37-55.
- CALLON, M., LASCOUMES, P. et BARTHES, Y. (2001). *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*. Paris : Le Seuil.
- CALLON, M. (1998). Des différentes formes de démocratie technique. *Annales des Mines*, 64, 63-73.
- CHANGEUX, J.-P. (dir.). (2007). *L'Homme artificiel*. Paris : Odile Jacob.
- CHRISTIAN, G.F. (1819). *Vues sur le système général des opérations industrielles, ou Plan de technonomie*. Paris : Huzard et Courcier.

- CHRISTIAN, G.-J. (1819/2016). *Vues générales des opérations industrielles, ou Plan de technonomie*. Paris : Hachette.
- DEFORGE, Y. (1993). *De l'éducation technologique à la culture technique, pour une maîtrise sociale de la technique*. Paris : ESF Éditeur.
- DE BEAUNE, S. (2015). *L'homme et l'outil*. Paris : CNRS Éditions.
- DIDEROT, D. et D'ALEMBERT, J.-B. (dir.). (1780). *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers, par une Société de Gens de lettres* (vol. 135). Paris : Blasson.
- ESPINAS, A. (1897). *Les Origines de la technologie : étude sociologique*. Repéré à <https://fr.scribd.com/document/239387715/ESPINAS-Origines-de-La-Technologie>.
- FEENBERG, A. (2004). *(Re)penser la technique. Vers une technologie démocratique*. Paris : La Découverte.
- GRISON, E. (1996). *Du faubourg Montmartre au Corps des Mines. L'étonnant parcours du Républicain J. H Hassenfratz*. Paris : Presses de l'École des Mines.
- HAUDRICOURT, A.G. (1987). *La technologie, science humaine. Recherches d'histoire et d'ethnologie des techniques*. Paris : Maison des sciences de l'homme.
- LANGDON, W. (Ed.). (1992). *Democracy in a technological society*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.
- LAMARD, P. et LEQUIN, Y.-C. (2005). *La technologie entre à l'Université. Compiègne, Sevenans, Belfort-Montbéliard*. Belfort-Montbéliard : UTBM.
- LANGDON WINNER, L. (2002). *La baleine et le réacteur : à la recherche des limites au temps de la haute technologie*. Paris : Descartes et C^{ie}.
- LEQUIN, Y.-C. (2013a). Cuvier et la préhistoire... de la technologie (1786-1820). *Revue de Paléobiologie*, 32(2), 325-331.
- LEQUIN, Y.-C. (2013b). France : une pensée sans technique ? *Cahiers de RECITS*, 9, 137-167.
- LEQUIN, Y.-C. et LAMARD, P. (2014). *La technologie entre à l'Université : Compiègne, Sevenans, Belfort-Montbéliard*. Belfort-Montbéliard : UTBM.
- LEQUIN, Y.-C. et LAMARD, P. (dir.). (2014). *Éléments de démocratie technique*. Belfort-Montbéliard : UTBM.
- MARX, K. (1849/2007). *Travail salarié et capital*. Quercy à Mercuès : L'Altiplano.
- MONSACRÉ, H. (2002/2007). *Platon Gorgias*. Paris : Broché.
- PROUDHON, P.-J. (1865). *De la capacité politique des classes ouvrières*. Paris : E. Dentu.
- RABELAIS, F. (1945). *Les œuvres de maître François Rabelais, Gargantua et Pantagruel*. Paris : Librairie Gründ.
- ROUSSEAU, J.-J. (1782). *Collection complète des œuvres de J.J. Rousseau, Citoyen de Genève* (vol. 117). Genève : Société typographique.
- SAINT-SIMON, C.-H. (1832). *Œuvres* (vol. 12). Paris : Naquet.
- SCHWARTZ, Y. (1997). *Reconnaissances du travail : pour une approche ergologique*. Paris : Presses universitaires de France.
- SIMONDON, G. (1989). *L'individuation psychique et collective*. Breteuil sur Iton : Aubier.
- SIGAUT, F. (2012). *Comment Homo devint faber*. Paris : CNRS Éditions.

Table des matières

Table des matières

SOMMAIRE	5
 INTRODUCTION	
Introduction : L'activité de conception et sa didactisation	13
<i>John Didier, Haute Ecole Pédagogique Vaud, Unité d'enseignement et de recherche didactiques de l'art et de la technologie, Laboratoire Création et Recherche dans l'Enseignement des Arts et de la Technologie (CREAT) et Nathalie Bonnardel, Aix-Marseille Université, Centre de recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'Emotion (PSYCLE, UR3273) & Institut Créativité et Innovation d'Aix-Marseille (InCIAM)</i>	
Activités de conception en contexte de formation	15
Quel enseignement privilégier pour former des concepteurs ?	17
Conception et conceptualisation.....	20
 CHAPITRE 1	
Proposition d'un référentiel de compétences en conception	33
<i>Denis Choulier, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, Département IMSI/Spécialité systèmes industriels, Pôle industrie 4.0</i>	
Une activité cognitive, procédurale, sociale et métacognitive.....	33
Une activité contingente	35
Construire un référentiel : comment ?	36
Compétences établies à partir du niveau micro/opérations.....	37
Plusieurs points de vue.....	37
Créativité et logique déductive.....	40
Des effets de contingence.....	40
Compétences associées.....	41

Compétences établies à partir du second niveau de description.....	43
Des actions.....	43
Résolution de problèmes et conception.....	44
Compétences associées.....	45
Compétences établies à partir du niveau macro/activité.....	45
Un projet conduit sous forte incertitude.....	46
Compétences associées.....	46
Conclusion.....	47

CHAPITRE 2

Activités de conception créatives :

nouvelles perspectives dans la formation des enseignants..... 53

John Didier, Haute Ecole Pédagogique Vaud, Unité d'enseignement et de recherche didactiques de l'art et de la technologie, CREAT et Nathalie Bonnardel, Aix-Marseille Université, PSYCLÉ (UR3273) & InCIAM.

Introduction.....	53
Créativité et activités de conception en contexte de formation.....	54
La créativité en contexte de formation.....	54
Les activités de conception en contexte de formation.....	56
<i>Caractéristiques principales des problèmes de conception.....</i>	56
<i>Résolution de problèmes de conception et modèle AGC.....</i>	57
Recherche dans un contexte de formation de futurs enseignants.....	58
Objectif et hypothèse générale.....	58
Procédure.....	58
Techniques d'idéation CQFD et CQHD.....	59
Participants.....	59
<i>Participants pour la tâche de conception.....</i>	59
<i>Participants pour la tâche d'évaluation.....</i>	60
<i>Tâche de conception.....</i>	60
Évaluation des productions créatives.....	61
Résultats.....	61
Satisfaction globale des projets.....	61
Caractère adapté au cahier des charges.....	62
Dimension novatrice du projet de conception.....	63
Dimension inattendue du projet de conception.....	63
Discussion.....	64
Synthèse des résultats.....	64
Effets différenciés des techniques d'idéation dans des contextes de formation.....	65
Introduction d'activités créatives en contexte de formation.....	66

CHAPITRE 3

Concevoir en donnant du sens à l'innovation : l'approche P.S.I..... 73

Marianne Chouteau, Joëlle Forest et Céline Nguyen, INSA Lyon, Centre des Humanités S2HEP (EA4148)

Introduction.....	73
L'approche P.S.I. : éléments de cadrage.....	74
La question du sens, pierre angulaire de l'approche P.S.I.....	74
<i>Le processus de conception comme périmètre de l'approche P.S.I.....</i>	75

Une forme de pensée : la rationalité créative	76
Une approche et non une méthode	77
Imaginer	77
Imaginer un concept	77
<i>Inspirer et questionner le sens avec l'imaginaire</i>	77
<i>L'observation comme source d'inspiration</i>	79
Imaginer les usagers	80
<i>Les personas, fictifs mais probables</i>	80
<i>Scénarios d'usage</i>	81
Tester	82
Tester le concept imaginé	82
<i>La démarche d'observation pour tester le concept</i>	82
<i>Les entretiens : retour sur le concept</i>	83
Éprouver la vision du monde à partir des entretiens	84
Tester le positionnement du concept dans l'environnement économique et concurrentiel	84
<i>Tester la proposition de valeur</i>	84
<i>Analyse des parties prenantes</i>	85
Conclusion	86

CHAPITRE 4

L'énonciation et le dialogue :

processus d'apprentissage et compétence professionnelle de conception

91

Éric Tortochot, Christophe Moineau et Sophie Farsy, Aix Marseille Université, Laboratoire Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation (ADEF, UR 4671), Université de Nîmes, PROJEKT (UR 7447)

L'activité de conception s'énonce et se partage	91
Cadre théorique : l'étudiant apprend à concevoir par sa pratique et par ce qu'il en dit aux autres et à lui-même	92
La situation d'apprentissage de conception :	
les interactions dialogiques et adressées du sujet concepteur apprenant	92
L'énonciation comme compétence dans l'activité de conception en situation d'apprentissage : écrire et dire pour interagir	93
Enseignement-apprentissage du design et énonciations : cadre méthodologique	95
Cas 1. Un enseignant en cours de projets : dialoguer avec les étudiants	95
Cas 2 et 3. Des étudiants en cours de projets : rendre compte de son activité de conception	97
Cas 4. Des élèves en cours de projets : communiquer son travail dans un dispositif de certification	99
Cas 5 et 6. Des étudiants en relation avec un partenaire : dialoguer pour concevoir ou pour apprendre	102
Discussion : les compétences d'énonciation et l'énonciation des compétences	107
Dire pour faire surgir le potentiel individuel	107
Énoncer pour assimiler subjectivement : dialogue et (faux) monologue	108
Communiquer pour rendre compte et partager (méta-conception)	109
Argumenter et négocier pour réduire les incertitudes et valider les étapes	110
Renouveler les héritages conceptuels	111
Conclusion : une didactique de la conception passe par une activité d'énonciation	112

CHAPITRE 5

Concevoir en activités créatrices manuelles : un levier pour générer des gains développementaux et des habiletés métacognitives chez les élèves ? 117

Daniel Martin, Haute Ecole Pédagogique Vaud, Unité d'enseignement et de recherche, enseignement, apprentissage et évaluation, Laboratoire Lausannois Lesson Study (3LS) et *Anne Clerc-Georgy*, Haute Ecole Pédagogique Vaud, Unité d'enseignement et de recherche, enseignement, apprentissage et évaluation, Groupe Intervention et Recherche sur les Apprentissages fondamentaux (GIRAF)

Introduction	117
Cadre théorique.....	118
La métacognition	118
L'approche historico-culturelle.....	119
Présentation du dispositif analysé.....	121
Méthodologie	123
Résultats	123
Analyse des vidéos et des dossiers de certification	123
<i>Du point de vue du guidage de l'appropriation des outils visés.....</i>	123
<i>Du point de vue de la métacognition.....</i>	124
<i>Du point de vue des stratégies d'anticipation</i>	125
<i>Du point de vue de l'usage du collectif-classe.....</i>	125
<i>Les conceptions sous-jacentes aux pratiques des stagiaires</i>	126
Quelques pistes pour améliorer le dispositif et sa mise en œuvre	127
Conclusion	129

CHAPITRE 6

Dialectique activité et développement dans la conception de situation-problème en formation 135

Grégory Munoz, Université de Nantes, Centre de Recherche en Education de Nantes (CREN, UR2661) et *Olivier Villeret*, Structure fédérative Opéen & ReForm : Observation des pratiques éducatives et enseignantes, de la recherche à la formation

Introduction, problématisations	135
Conceptualisations : cadres théoriques et méthodologiques.....	137
Cadres théoriques mobilisés.....	137
<i>Didactique professionnelle : conceptualisation-en-acte</i>	137
<i>Problématisation.....</i>	139
Au fondement de notre dispositif de formation.....	140
Méthodologie de l'étude de cas : conceptualisation-en-acte.....	143
<i>Données recueillies.....</i>	143
<i>Catégories d'analyse</i>	143
Contextualisations	144
Enseignement de la musique	144
Formation à la pédagogie en podologie.....	144
Convergences et divergences des deux formations	144
<i>Convergences.....</i>	144
<i>Divergences.....</i>	145

Conceptions de formation	146
Conceptions pour l'enseignement de la musique.....	146
Conceptions de formation en podologie.....	147
Quels apprentissages avant et pendant ?.....	149
Quels apprentissages après ?.....	150
Conclusion-discussion.....	151
Discussion.....	151
Extensions	152

CHAPITRE 7

La notion de système d'instruments en formation de conception d'artefacts..... 159

*Alex Sandro Gomes, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática (CIn UFPE) et
Grégory Munoz, Université de Nantes, Centre de recherche en éducation de Nantes (CREN, UR 2661)*

Introduction : Problématisations.....	159
Cadre théorique.....	161
Approche instrumentale.....	161
Aux sources de la notion de système d'instruments.....	162
Système d'instruments	163
Méthodologie	164
Analyses	164
Chargés de sécurité	164
Conseillères pédagogiques.....	167
Conclusion	168

CHAPITRE 8

Les outils de l'analyse fonctionnelle :

Artefacts pour comprendre les systèmes techniques..... 175

*Marjolaine Chatoney et Fabrice Gunther, Aix-Marseille Université, Laboratoire Apprentissage,
Didactique, Évaluation, Formation (ADEF, UR 4671)*

Introduction	175
Les outils de l'AF	176
Origine et raison d'être de l'analyse fonctionnelle	176
Les outils de l'AF.....	177
L'AF une référence industrielle dans l'enseignement.....	177
L'AF enseignée au collège.....	178
Étude sur les usages et la maîtrise des outils par les enseignants	179
Méthode.....	179
Échantillon	179
Données	180
Traitement des données.....	180
Analyse de l'utilisation de l'AF par les enseignants	180
Maîtrise et formation des enseignants à l'AF.....	180
Maîtrise de l'AF en fonction de la formation.....	181
Maîtrise en fonction de l'âge.....	182
Perception de l'AF par les enseignants	183
Conclusion	187

CHAPITRE 9

Analyse de l'activité d'élèves dans une tâche de conception

d'objet en éducation technologique..... 193

Patrice Laisney et Jean-François Hérold, Aix-Marseille Université, Laboratoire Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation (ADEF, UR4671)

Introduction	193
Approche théorique de l'activité de conception	194
Concevoir, c'est résoudre un problème	194
Modèle général de l'activité de conception créative	195
Comprendre l'activité de conception d'un élève de collège.....	196
Le procédé d'impression 3D.....	197
Analyser l'activité de conception ?	198
L'étude exploratoire : mise en œuvre du dispositif de recueil des données.....	199
Analyse de la tâche de conception.....	200
Analyse de l'activité a priori des élèves.....	201
Recueil et analyse des données	201
Principaux résultats.....	203
Impression 3D des solutions.....	203
Élaboration des solutions	204
Synthèse.....	206

CHAPITRE 10

Les activités de conception en formation :

Analyse micro-didactique de deux séances de conception-réalisation

en enseignement de codes opératoires en génie mécanique..... 213

Raquel Becerril Ortega, Université de Lille, Laboratoire TRIGONE-CIREL, Centre Interuniversitaire de Recherches en Éducation de Lille, (TRIGONE, UR4354)

Former à concevoir	213
Étude micro-didactique d'une activité de conception-réalisation.....	215
Composantes cognitives de la situation de conception industrielle.....	215
La situation-problème au cœur de la situation de conception.....	216
L'action-erreur comme descripteur de l'épaisseur épistémologique d'une situation didactique.....	218
Variabilité pédagogique et variabilité didactique, analyse micro-didactique de deux séances.....	220
Éléments de discussion	222
Gain didactique de la situation de conception-réalisation en formation.....	222
Situation de conception en formation.....	223
En guise de conclusion.....	224

CHAPITRE 11

Poésie des rapports et instauration métaphysique

dans l'architecture de Le Corbusier

Pierre Litzler, Université de Strasbourg, Faculté des Arts, Laboratoire Approche Contemporaine de la Création et de la Réflexion Artistique (ACCRA, UR 3402)

Introduction	229
Architecture, matière et pensée	230
Pensée, rapport et poésie	231
L'éloquence poétique du langage architectural.....	233
Rhétorique et poétique des signes de Chandigarh	235
Le Monument au Martyr.....	237
Rapport entre scénario architectonique et métaphore de la vie d'un homme.....	239
Rapport entre vues et vie.....	239
Rapport entre dedans et dehors.....	240
Rapport à la figure de la spirale.....	240
Rapport au corps.....	242
Rapport au temps.....	242
Rapports entre architectonique et symbolique.....	243
Poésie des rapports et artefact	246

CHAPITRE 12

Apprendre à codécider souverainement dans une société complexe

Yves-Claude Lequin, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, Laboratoire REcherches sur les Choix Industriels, Technologiques et Scientifiques (RECITS)

Introduction	251
La démocratie libérale et ses limites.....	252
Qu'entend-on par « démocratie technique » ?.....	253
Former tous les citoyens, non seulement des spécialistes « techniques »	255
Pour tous, une éducation civique renouvelée, élargie et approfondie.....	256
Une éducation civique insistant sur les pouvoirs techniques	256
Dans l'Enseignement supérieur.....	257
Une éducation générale incluant une « conception » d'objets	258
Transposer en formation civique certaines méthodes de « conception »	258
Apprendre à penser des projets en fonction de l'avenir tel que l'envisagent les destinataires de ces projets.	259
En guise de conclusion : comment préparer les futurs citoyens à une codécision « technique » ?	259

TABLE DES MATIÈRES.....	263
-------------------------	-----

Crédits photographiques :

Couverture

Reproduction intégrale et inchangée de l'œuvre : Le Modulor de Le Corbusier

Nom de l'auteur : Le Corbusier

Titre de l'œuvre : Modulor

Date de création : cette lithographie du Modulor fait partie de l'ouvrage : Jeanneret, C. E. - Le Corbusier. (1955/1989). *Le poème de l'Angle droit*. Paris : Tériade.

Copyright : © FLC / 2019, ProLitteris, Zurich pour les œuvres de Le Corbusier

Chapitre 11 de Pierre Litzler

Poésie des rapports et instauration métaphysique dans l'architecture de Le Corbusier

Figure 1. Reproduction intégrale et inchangée de l'œuvre de Le Corbusier.

Titre de l'œuvre : L'esprit nouveau en architecture, répercussion des sensations physiologiques sur notre sensibilité

Nom de l'auteur : Le Corbusier

Date de création : cette œuvre fait partie de l'ouvrage : Jeanneret, C. E. – Le Corbusier. (1975). *Almanach d'architecture moderne*. Turin : Bottega d'Erasmio.

Copyright : © FLC / 2019, ProLitteris, Zurich pour les œuvres de Le Corbusier

Figure 2. Reproduction intégrale et inchangée de l'œuvre de Le Corbusier.

Titre de l'œuvre : Nature et qualités des rapports

Nom de l'auteur : Le Corbusier

Date de création : cette œuvre fait partie de l'ouvrage : Jeanneret, C. E. – Le Corbusier. (1983). *Le modulor*. Paris : L'architecture d'Aujourd'hui, Fondation Le Corbusier.

Copyright : © FLC / 2019, ProLitteris, Zurich pour les œuvres de Le Corbusier

Figure 3. Reproduction intégrale et inchangée de l'œuvre de Le Corbusier.

Titre de l'œuvre : Précisions sur un état présent de l'architecture et de l'urbanisme

Nom de l'auteur : Le Corbusier

Date de création : cette œuvre fait partie de l'ouvrage : Jeanneret, C. E. – Le Corbusier. (1960). *Précisions sur un état présent de l'architecture et de l'urbanisme*. Paris : Vincent Fréal.

Copyright : © FLC / 2019, ProLitteris, Zurich pour les œuvres de Le Corbusier

Figure 4. Reproduction intégrale et inchangée de l'œuvre de Le Corbusier.

Titre de l'œuvre : Précisions sur un état présent de l'architecture et de l'urbanisme

Nom de l'auteur : Le Corbusier

Date de création : cette œuvre fait partie de l'ouvrage : Jeanneret, C. E. – Le Corbusier. (1960). *Précisions sur un état présent de l'architecture et de l'urbanisme*. Paris : Vincent Fréal.

Copyright : © FLC / 2019, ProLitteris, Zurich pour les œuvres de Le Corbusier

Figure 5. Reproduction intégrale et inchangée de l'œuvre de Le Corbusier.

Titre de l'œuvre : Que fait le maître de cérémonie chargé d'introduire des mesures vraies dans l'œuvre bâtie ?

Nom de l'auteur : Le Corbusier

Date de création : cette œuvre fait partie de l'ouvrage : Jeanneret, C. E. – Le Corbusier. (1983). *Le modulor*. Paris : L'architecture d'Aujourd'hui, Fondation Le Corbusier.

Copyright : © FLC / 2019, ProLitteris, Zurich pour les œuvres de Le Corbusier

Figure 6. Reproduction intégrale et inchangée de l'œuvre de Le Corbusier.

Titre de l'œuvre : L'esprit nouveau en architecture : l'invention architecturale, proportions, rapports, symphonie

Nom de l'auteur : Le Corbusier

Date de création : cette œuvre fait partie de l'ouvrage : Jeanneret, C. E. – Le Corbusier. (1975). *Almanach d'architecture moderne*. Turin : Bottega d'Erasmio.

Copyright : © FLC / 2019, ProLitteris, Zurich pour les œuvres de Le Corbusier

Figure 7. Reproduction intégrale et inchangée de l'œuvre de Le Corbusier.

Titre de l'œuvre : Plan du Capitole : 1. Palais de l'assemblée ; 2. Secrétariat ; 3. Palais du Gouverneur ; 4. Haute Cour ; 5. Tour d'Ombres ; 6. Monument au Martyr ; 7. Main Ouverte
Nom de l'auteur : Le Corbusier
Date de création : cette œuvre fait partie de l'ouvrage : Boesiger, W. (dir.). (1985). *Le Corbusier, Œuvre complète, vol. 5. (1946-1952)*. Zurich : Artémis.
Copyright : © FLC / 2019, ProLitteris, Zurich pour les oeuvres de Le Corbusier

Figure 8. Reproduction intégrale et inchangée de l'œuvre de Le Corbusier.

Titre de l'œuvre : Les signes
Nom de l'auteur : Le Corbusier
Date de création : cette œuvre fait partie de l'ouvrage : Boesiger, W. (dir.). (1985). *Le Corbusier, Œuvre complète, vol. 5. (1946-1952)*. Zurich : Artémis.
Copyright : © FLC / 2019, ProLitteris, Zurich pour les oeuvres de Le Corbusier

Figure 9. Reproduction intégrale et inchangée de l'œuvre de Le Corbusier.

Titre de l'œuvre : Axonométrie du Monument au Martyr et de la Tour d'Ombres
Nom de l'auteur : Le Corbusier
Date de création : cette œuvre fait partie de l'ouvrage : Boesiger, W. (dir.). (1965). *Le Corbusier, Œuvre complète, vol. 7. (1957-1965)*. Zurich : Artémis.
Copyright : © FLC / 2019, ProLitteris, Zurich pour les oeuvres de Le Corbusier

Figure 10. Reproduction intégrale et inchangée de l'œuvre de Le Corbusier.

Titre de l'œuvre : Croquis d'étude pour le Monument au Martyr
Nom de l'auteur : Le Corbusier
Date de création : cette œuvre fait partie de l'ouvrage : Boesiger, W. (dir.). (1965). *Le Corbusier, Œuvre complète, vol. 7. (1957-1965)*. Zurich : Artémis.
Copyright : © FLC / 2019, ProLitteris, Zurich pour les oeuvres de Le Corbusier

Figure 11. Reproduction intégrale et inchangée de l'œuvre de Le Corbusier.

Titre de l'œuvre : Plan, élévation, coupe du Monument au Martyr (fragment)
Nom de l'auteur : Le Corbusier
Date de création : cette œuvre fait partie de l'ouvrage : Boesiger, W. (dir.). (1965). *Le Corbusier, Œuvre complète, vol. 7. (1957-1965)*. Zurich : Artémis.
Copyright : © FLC / 2019, ProLitteris, Zurich pour les oeuvres de Le Corbusier

Figure 12. Reproduction intégrale et inchangée de l'œuvre de Le Corbusier.

Titre de l'œuvre : Le Corbusier, coupe, élévations (fragment) du Monument au Martyr
Nom de l'auteur : Le Corbusier
Date de création : cette œuvre fait partie de l'ouvrage : Boesiger, W. (dir.). (1965). *Le Corbusier, Œuvre complète, vol. 7. (1957-1965)*. Zurich : Artémis.
Copyright : © FLC / 2019, ProLitteris, Zurich pour les oeuvres de Le Corbusier

Figure 13. Reproduction intégrale et inchangée de l'œuvre de Le Corbusier.

Titre de l'œuvre : Dessin n° 91, 30 août 54
Nom de l'auteur : Le Corbusier
Date de création : cette œuvre fait partie de l'ouvrage : Boesiger, W. (dir.). (1965). *Le Corbusier, Œuvre complète, vol. 7. (1957-1965)*. Zurich : Artémis.
Copyright : © FLC / 2019, ProLitteris, Zurich pour les oeuvres de Le Corbusier

Figure 14. Reproduction intégrale et inchangée de l'œuvre de Le Corbusier.

Titre de l'œuvre : Les signes – la roue (détail)
Nom de l'auteur : Le Corbusier
Date de création : cette œuvre fait partie de l'ouvrage : Boesiger, W. (dir.). (1965). *Le Corbusier, Œuvre complète, vol. 7. (1957-1965)*. Zurich : Artémis.
Copyright : © FLC / 2019, ProLitteris, Zurich pour les oeuvres de Le Corbusier

Figure 15. Reproduction intégrale et inchangée de l'œuvre de Le Corbusier.

Titre de l'œuvre : Vue en plan et élévation du « tumulus » et du gisant (détail)
Nom de l'auteur : Le Corbusier
Date de création : cette œuvre fait partie de l'ouvrage : Boesiger, W. (dir.). (1965). *Le Corbusier, Œuvre complète, vol. 7. (1957-1965)*. Zurich : Artémis.
Copyright : © FLC / 2019, ProLitteris, Zurich pour les oeuvres de Le Corbusier

Figure 16. Reproduction intégrale et inchangée de l'œuvre de Le Corbusier.

Titre de l'œuvre : Vue en élévation du serpent et du chien (détail)
Nom de l'auteur : Le Corbusier
Date de création : cette œuvre fait partie de l'ouvrage : Boesiger, W. (dir.). (1965). *Le Corbusier, Œuvre complète, vol. 7. (1957-1965)*. Zurich : Artémis.
Copyright : © FLC / 2019, ProLitteris, Zurich pour les oeuvres de Le Corbusier

Université de technologie de Belfort-Montbéliard (UTBM)
Site de Sevenans - 90010 Belfort cedex
Tél : +33 (0)3 84 58 30 00

Directeur de publication :
Ghislain Montavon (Directeur de l'UTBM)

Coordinateur de la publication :
Michel Olinga - michel.olinga@utbm.fr

Maquettage texte et couverture :
Céline Rodoz - celine.rodoz@utbm.fr

Pour connaître les publications du Pôle éditorial
de l'université de technologie de Belfort-Montbéliard (UTBM)

voir le catalogue et les nouveautés sur le site UTBM :
<http://www.utbm.fr/editions/>

ISBN : 979-10-91901-39-0 – Prix : 12 € TTC

Achevé en mars 2020



Didactique de la conception

Sous la direction de John Didier et Nathalie Bonnardel

Cet ouvrage collectif présente des travaux portant sur la conception d'un artefact, d'un objet ou d'un système, fondés sur des ancrages scientifiques complémentaires, à savoir la psychologie cognitive, l'ergonomie, la didactique, les sciences de l'ingénieur, la philosophie, les sciences de l'éducation, l'histoire, le design, l'architecture et la poïétique. Il propose des éclairages spécifiques de l'activité de conception, considérée ici comme une activité complexe qui mobilise différents savoirs particulièrement précieux pour repenser la formation des individus à différents niveaux. Que l'on parle d'experts, de spécialistes en devenir, de novices ou de profanes de la conception, cette activité complexe recèle un potentiel pour le développement de l'humain et mérite d'être enseignée dès le plus jeune âge.

Les travaux portant sur la didactique de la conception, menés en contextes de formation, soutiennent que cette activité complexe peut être un levier participant au développement et à l'apprentissage de l'individu. Cette activité permettrait d'associer approches créative, pragmatique et intellectuelle. Plus encore, la conception déployée en contexte de formation mobilise des capacités participant à l'émancipation de l'individu, en le rendant capable de modifier ses points de vue ainsi que sa manière de s'approprier le savoir.

ISBN 979-10-91901-39-0



12 €

COÉDITION



Didactique de la conception

**Sous la direction de John Didier
et Nathalie Bonnardel**

Parution : mars 2020

ISBN 979-10-91901-38-3



9 791091 901383

livre papier : **17 €**

ISBN 979-10-91901-39-0



9 791091 901390

livre num. : **12 €**

ISBN 979-10-91901-40-6



9 791091 901406

papier & num. : **19 €**

Caractéristiques techniques

Format 16 x 22 cm / 276 pages

Edition

Pôle éditorial de l'université de
technologie de Belfort-Montbéliard

Diffusé-Distribué par

• **Boutique en ligne : Éditions de l'UTBM**
<https://shop.utbm.fr/>

• **Le Comptoir des presses d'universités**
(pour les particuliers)

86, rue Claude Bernard – 75005 Paris
Tél. +33 (0)1 47 07 83 27

<https://www.lcdpu.fr/editeurs/utbm/>

• **CiD (pour les professionnels)**

18-20, rue Robert Schuman

94220 Charenton-le-Pont

Tél. +33 (0)1 53 48 56 30

• En librairies

Pour plus d'informations

Directeur de publication

Ghislain Montavon, directeur de l'UTBM

Pôle éditorial de l'université de

technologie de Belfort-Montbéliard

Site de Sevenans – 90010 Belfort cedex

Tél. +33 (0)3 84 58 32 72

Contact : editions@utbm.fr

Notre catalogue accessible sur :

<https://www.utbm.fr/editions/>



Contenu

Cet ouvrage collectif présente des travaux portant sur la conception d'un artefact, d'un objet ou d'un système, fondés sur des ancrages scientifiques complémentaires, à savoir la psychologie cognitive, l'ergonomie, la didactique, les sciences de l'ingénieur, la philosophie, les sciences de l'éducation, l'histoire, le design, l'architecture et la poïétique. Il propose des éclairages spécifiques de l'activité de conception, considérée ici comme une activité complexe qui mobilise différents savoirs particulièrement précieux pour repenser la formation des individus à différents niveaux. Que l'on parle d'experts, de spécialistes en devenir, de novices ou de profanes de la conception, cette activité recèle un potentiel pour le développement de l'humain et mérite d'être enseignée dès le plus jeune âge.

Les travaux portant sur la didactique de la conception, menés en contextes de formation, soutiennent que cette activité complexe peut être un levier participant au développement et à l'apprentissage de l'individu. Cette activité permettrait d'associer approches créative, pragmatique et intellectuelle. Plus encore, la conception déployée en contexte de formation mobilise des capacités participant à l'émancipation de l'individu, en le rendant capable de modifier ses points de vue ainsi que sa manière de s'approprier le savoir.

Auteurs

Raquel Becerril Ortega, Nathalie Bonnardel, Anne Clerc-Georgy, Marjolaine Chatoney, Denis Choulier, Marianne Chouteau, John Didier, Sophie Farsy, Joëlle Forest, Fabrice Gunther, Jean-François Hérold, Patrice Laisney, Yves-Claude Lequin, Pierre Litzler, Daniel Martin, Grégory Munoz, Christophe Moineau, Céline Nguyen, Alex Sandro Gomes, Éric Tortochot, Olivier Villeret

Présentation des auteurs

• **Raquel Becerril Ortega**, Université de Lille, Laboratoire TRIGONE-CIREL, Centre Interuniversitaire de Recherches en Éducation de Lille, (TRIGONE, UR 4354)

• **Nathalie Bonnardel**, Aix-Marseille Université, Centre de recherche en Psychologie de la Connaissance, du Langage et de l'Émotion (PSYCLE, UR 3273) & Institut Créativité et Innovation d'Aix-Marseille (InCIAM)

• **Anne Clerc-Georgy**, Haute Ecole Pédagogique Vaud, Unité d'enseignement et de recherche, enseignement, apprentissage et évaluation, Groupe Intervention et Recherche sur les Apprentissages fondamentaux (GIRAF)

• **Marjolaine Chatoney**, Aix-Marseille Université, Laboratoire Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation (ADEF, UR 4671)

• **Denis Choulier**, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, Département IMSI/ Spécialité systèmes industriels, Pôle industrie 4.0

• **Marianne Chouteau**, INSA Lyon, Centre des Humanités S2HEP (EA 4148)

• **John Didier**, Haute Ecole Pédagogique Vaud, Unité d'enseignement et de recherche didactiques de l'art et de la technologie, Laboratoire Création et Recherche dans l'Enseignement des Arts et de la Technologie (CREAT)

• **Sophie Farsy**, Aix Marseille Université, Laboratoire Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation (ADEF, UR 4671), Université de Nîmes, PROJEKT (UR 7447)

• **Joëlle Forest**, INSA Lyon, Centre des Humanités S2HEP (EA 4148)

• **Fabrice Gunther**, Aix-Marseille Université, Laboratoire Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation (ADEF, UR 4671)

• **Jean-François Hérold**, Aix-Marseille Université, Laboratoire Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation (ADEF, UR 4671)

• **Patrice Laisney**, Aix-Marseille Université, Laboratoire Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation (ADEF, UR 4671)

• **Yves-Claude Lequin**, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, Laboratoire REcherches sur les Choix Industriels, Technologiques et Scientifiques (RECITS)

• **Pierre Litzler**, Université de Strasbourg, Faculté des Arts, Laboratoire Approche Contemporaine de la Création et de la Réflexion Artistique (ACCRA, UR 3402)

• **Daniel Martin**, Haute Ecole Pédagogique Vaud, Unité d'enseignement et de recherche, enseignement, apprentissage et évaluation, Laboratoire Lausannois Lesson Study (3LS)

• **Grégory Munoz**, Université de Nantes, Centre de Recherche en Education de Nantes (CREN, UR 2661)

• **Christophe Moineau**, Aix Marseille Université, Laboratoire Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation (ADEF, UR 4671), Université de Nîmes, PROJEKT (UR 7447)

• **Céline Nguyen**, INSA Lyon, Centre des Humanités S2HEP (EA 4148)

• **Alex Sandro Gomes**, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática (CIn UFPE)

• **Éric Tortochot**, Aix Marseille Université, Laboratoire Apprentissage, Didactique, Évaluation, Formation (ADEF, UR 4671), Université de Nîmes, PROJEKT (UR 7447)

• **Olivier Villeret**, Structure fédérative Opéen & ReForm : Observation des pratiques éducatives et enseignantes, de la recherche à la formation

Table des matières

- Introduction : L'activité de conception et sa didactisation
John Didier et Nathalie Bonnardel
- Chapitre 1 : Proposition d'un référentiel de compétences en conception - Denis Choulier
- Chapitre 2 : Activités de conception créatives : nouvelles perspectives dans la formation des enseignants - John Didier et Nathalie Bonnardel
- Chapitre 3 : Concevoir en donnant du sens à l'innovation : l'approche P.S.I. - Marianne Chouteau, Joëlle Forest et Céline Nguyen
- Chapitre 4 : L'énonciation et le dialogue : processus d'apprentissage et compétence professionnelle de conception
Éric Tortochot, Christophe Moineau et Sophie Farsy
- Chapitre 5 : Concevoir en activités créatrices manuelles : un levier pour générer des gains développementaux et des habiletés métacognitives chez les élèves ? - Daniel Martin et Anne Clerc-Georgy
- Chapitre 6 : Dialectique activité et développement dans la conception de situation-problème en formation - Grégory Munoz et Olivier Villeret
- Chapitre 7 : La notion de système d'instruments en formation de conception d'artefacts - Alex Sandro Gomes et Grégory Munoz
- Chapitre 8 : Les outils de l'analyse fonctionnelle : Artefacts pour comprendre les systèmes techniques - Marjolaine Chatoney et Fabrice Gunther
- Chapitre 9 : Analyse de l'activité d'élèves dans une tâche de conception d'objet en éducation technologique - Patrice Laisney et Jean-François Hérold
- Chapitre 10 : Les activités de conception en formation : Analyse microdidactique de deux séances de conception-réalisation en enseignement de codes opératoires en génie mécanique - Raquel Becerril Ortega
- Chapitre 11 : Poésie des rapports et instauration métaphysique dans l'architecture de Le Corbusier - Pierre Litzler
- Chapitre 12 : Apprendre à codécider souverainement dans une société complexe
Yves-Claude Lequin