



HAL
open science

La congruence : une approche incarnée et distribuée du développement humain. Le cas des environnements numériques d'apprentissage

Rawad Chaker

► **To cite this version:**

Rawad Chaker. La congruence : une approche incarnée et distribuée du développement humain. Le cas des environnements numériques d'apprentissage. Education. Université Lumière Lyon 2 - Université de Lyon - École doctorale : ED 485 -Éducation-Psychologie-Information et communication Laboratoire EA 4571 -ECP -Éducation, Cultures, Politiques, 2024. tel-04646017

HAL Id: tel-04646017

<https://hal.science/tel-04646017v1>

Submitted on 11 Sep 2024

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.

Copyright



**Note de synthèse présentée en vue
d'obtenir l'Habilitation à Diriger
des Recherches**

Volume 1

Note de synthèse

**La congruence : une approche incarnée et
distribuée du développement humain**

Le cas des environnements numériques d'apprentissage

Présentée par Rawad Chaker

Jury :

Pr. Bernadette Charlier, Université de Fribourg

Pr. Jérôme Guérin, Université de Bretagne Occidentale (Président du jury)

Pr. Alain Jaillet, CY Cergy Université (Rapporteur Externe)

Pr. Caroline Ladage, Aix-Marseille Université (Rapporteuse Externe)

Pr. Stéphane Simonian, Université Lumière Lyon 2 (Réfèrent)

Pr. André Tricot, Université Paul Valéry Montpellier 3 (Rapporteur Externe)

Année Universitaire 2023-2024

Table des matières

Introduction	1
PARTIE I. Synthèse des travaux : approches sociologiques et cognitives pour comprendre les phénomènes éducatifs numériques	7
1. D'une première approche pragmatique des outils numériques à l'approche située des <i>workplace studies</i>	10
1.1. Première étape : dialectique entre spécificité et universalité des situations	10
1.2. Deuxième étape : l'hypothèse cumulative des technologies de l'information et de la communication	13
1.3. Troisième étape : l'organisation humaine comme lieu de disponibilités locales	16
2. Du contexte social à la situation éducative : essai de compréhension de l'articulation des dynamiques culturelles et cognitives (Macro -> Méso)	20
2.1. L'apprenant en ligne à la croisée de contingences plurielles	20
2.2. L'apprenant en ligne et le contexte culturel	23
2.3. Des apprenants en lignes et des comportements situés dans un contexte social et culturel ..	25
3. Des dispositions individuelles à la perception et au comportement en situation d'apprentissage (Méso <-> Micro)	30
3.1. L'importance de situer les variables : vers des modèles plus explicatifs ?	30
3.2. Perception de l'environnement et du scénario pédagogique	32
3.3. Environnement et scénario : une articulation micro et méso	34
3.1.1. Lien entre configuration spatiale et interactions sociales	34
3.1.2. Lien entre expérience sociale et stratégies cognitives	37
3.1.3. Lien entre conception pédagogique et apprentissage	39
4. Synthèse de la Partie I. Des effets de déterminants sociaux sur les dispositions individuelles à la perception et comportements en contexte pédagogique (Macro - Micro - Méso)	41
PARTIE II. Une approche distribuée et incarnée de la cognition : une première tension temporelle	45
1. Les origines modernes des approches situées et distribuées de la cognition humaine	45
1.1. De l'écologie de l'esprit à la cognition distribuée	45
1.2. Les approches concurrentes : cognitivisme et computationnalisme	46
2. La cognition distribuée : une acception sociale et temporelle	49
2.1. Introduction à la cognition distribuée	49
2.2. La culture comme ressource cognitive	53
2.3. L'environnement de la tâche modifie son état représentationnel	55
2.4. Les artefacts : des distributeurs cognitifs ?	57
2.5. Cognition distribuée temporellement	60
2.6. La distribution du travail cognitif dans une organisation	63

2.7.	L'évolution culturelle d'une organisation : une dialectique entre apprentissage individuel et apprentissage du système	65
2.8.	La cognition distribuée dans un contexte réticulaire d'apprentissage	67
2.9.	Distribution sociale de l'activité.....	68
2.9.1.	La reconnaissance intersubjective comme attribut de la distribution sociale de la cognition.....	68
2.9.2.	La distribution sociale de la cognition : une production culturelle locale ?	69
2.9.3.	Distribuer socialement le coût cognitif.....	70
3.	Mémoire de travail et théorie de la charge cognitive <i>in the wild</i>	72
3.1.	Charge cognitive et cognition incarnée	73
3.2.	Décisions et charge cognitive <i>in the wild</i>	74
3.3.	Cognition distribuée et allègement de la charge cognitive.....	78
3.4.	Un phénomène de sur-distribution cognitive ? Le cas des outils scolaires et professionnels	79
4.	Les approches situées : distribution et incarnation cognitives.....	81
4.1.	Les approches situées de la cognition : une dialectique identitaire et groupale	81
4.2.	L'apprentissage : des moments socioculturels	83
4.3.	La cognition incarnée comme corollaire de la cognition distribuée.....	85
4.3.1.	Deux approches incarnées de la cognition : une dialectique entre l'intériorité et l'extériorité	85
4.3.2.	Entre le corps, le cerveau et l'environnement : un mouvement ascendant et descendant	87
4.3.3.	La cognition incarnée partagée.....	90
4.3.4.	La dialectique entre culture ancrée et cognition incarnée dans le processus créatif.....	92
4.4.	La dialectique intériorité/extériorité : une cognition interactionniste.....	94
5.	Comment nous construisons nos modèles du monde : une approche énergétique de la cognition située.....	96
5.1.	Un processus énergétique sous-tendant notre rapport au monde.....	96
5.2.	L'inférence active : un processus cognitif orienté vers l'action	97
6.	Ce qui constitue la distribution temporelle de la cognition : la perception et le cadre	99
6.1.	<i>Framing</i> : les cadres de la vie quotidienne et de la vie passée	99
6.2.	L'écart entre l'attendu et la réalité : un espace sémiotique	102
6.3.	La préparation à la perception : une première hypothèse d'un référentiel interne	103
6.4.	Lien entre perception, cognition et culture.....	108
6.5.	Perception et affordances : le plan d'action en situation	109
6.6.	Une approche cognitive articulée avec une sociologie cognitive et dispositionnaliste	110
7.	Le monisme spinoziste : une première approche distribuée	112
7.1.	Monisme et rupture par rapport au cartésianisme	112
7.2.	Le <i>conatus</i> spinoziste comme extériorité de l'intériorité	116
7.3.	Le <i>conatus</i> comme <i>drive</i> primaire.....	118
7.4.	Proposition de jonction énaactive entre l'autopoïèse et le <i>conatus</i>	118

7.5.	Une dimension temporelle dans le principe éactif.....	121
7.6.	L'approche moniste spinoziste et les recherches contemporaines : entre déterminisme et contingence	122
7.7.	Les causalités immanentes et les causalités consécutives	123
7.8.	Disposition et <i>conatus</i> : vers une cognition incarnée, étendue et distribuée	124
8.	Synthèse (augmentée) de la Partie II. Du monisme à la distribution cognitive, une approche incarnée et hiérarchique.....	126
PARTIE III. Proposition théorique : la congruence dans la cognition distribuée		131
1.	La congruence : la propriété de non-localité de la cognition distribuée	133
1.1.	La congruence entre dispositions et situations	133
1.2.	La congruence comme mise en évidence de la propriété de non-localité de la cognition distribuée.....	135
2.	La distribution temporelle de la cognition et de l'activité	136
2.1.	La dimension temporelle de la cognition comme corollaire de la congruence	136
2.2.	Le phénomène de congruence comme éactée par le sujet	138
2.3.	La congruence : une temporalité non dirigée	139
2.4.	De la perception au cadre d'action : la dimension temporelle et cognitive de la congruence 140	
2.5.	La préparation à la perception des affordances dans les systèmes distribués : une intentionnalité qualifiée à travers le temps.....	141
3.	Un référentiel interne	142
3.1.	La trajectoire socioculturelle et le capital culturel : phase de préparation cognitive.....	142
3.2.	Le corps comme premier référentiel.....	143
3.3.	L'agir situé et la concordance du <i>self</i>	145
3.4.	La dissonance cognitive et l'attente de congruence	146
3.5.	Un parallèle entre une condition d'incongruence socioculturelle et la dissonance cognitive 148	
3.6.	Dissonance/incongruence et charge cognitive/apprentissage.....	149
3.7.	Du vécu personnel à la charge cognitive <i>in the wild</i>	151
3.8.	Un référentiel « pour-l'action » plus ou moins interne, plus ou moins local	152
4.	La congruence culturelle et cognitive comprendre les processus d'apprentissage.....	153
4.1.	La congruence dans la cognition distribuée entre le référentiel et les situations.....	154
4.2.	Une configuration ascendante de dispositions plurielles : vers des référentiels externes généraux	155
4.3.	<i>Dispositio seu conatus</i> : une approche située des dispositions individuelles	157
5.	Le <i>delta</i> de congruence : une approche culturelle développementale	159
5.1.	Le <i>delta</i> de congruence et effets sur la perception et l'inférence	159

5.2.	Dans le <i>delta</i> de congruence : une co-émergence épistémique et pragmatique entre les référentiels internes et les offres de l'environnement	163
5.3.	Le principe de l'énergie libre dans l'écart entre la prédiction (le départ) et la réalité (l'arrivée)	165
5.4.	Le <i>delta</i> de congruence et la cognition socialement distribuée : une zone proximale de développement ?	165
5.4.1.	<i>Delta</i> de congruence : zone interpsychique et « gain » culturo-cognitif (micro – méso) 166	
5.4.2.	<i>Delta</i> de congruence : distance entre connaissances individuelles (micro) et contexte sociohistorique (macro)	169
5.5.	La culture, produit du <i>delta</i>	170
6.	Synthèse de la Partie III. Une inférence (én)active et un apprentissage situé à partir du <i>delta</i> de congruence entre le référentiel interne et les disponibilités locales : une approche hiérarchique distribuée et incarnée des situations d'apprentissage	172
PARTIE IV. Propositions méthodologiques et perspectives de recherche : l'approche hiérarchique distribuée de la cognition		175
1.	Propositions méthodologiques : échelles d'observation et unité d'analyse.....	177
2.	Du contexte à la situation, ou approche hiérarchique distribuée du phénomène éducatif : le rôle de la congruence.....	180
3.	Le référentiel méthodologique.....	181
3.1.	Les méthodes de l'enquête hors laboratoire pour analyser l'unité sujet-environnement : la méthode hiérarchique distribuée (MHD)	181
3.2.	Formalisation de la MHD : le delta de congruence au sein du « carré des référentiels »....	183
3.3.	Opérationnalisation de la MHD pour analyser les processus d'apprentissage	185
3.3.1.	Le « carré des référentiels » et leurs constituants opérationnels	185
3.3.2.	Le référentiel interne général.....	186
3.3.3.	Le référentiel interne local.....	187
3.3.4.	Le référentiel externe local.....	188
3.3.5.	Le référentiel externe général	189
3.3.6.	Identifier le delta de congruence	190
4.	Applications dans les projets en cours et programmes de recherche.....	192
4.1.	Les projets de recherches en cours analysés via la MHD.....	193
4.1.1.	Le projet <i>inCarne</i> : la cognition incarnée et distribuée en VR pour l'apprentissage de l'anatomie à partir de l'articulation corps-charge cognitive	193
4.1.2.	Le projet <i>MODELI+</i> : de l'intérieur à l'extérieur du laboratoire pour créer des parcours adaptés aux dispositions cognitives des apprenants	195
4.1.3.	Le projet <i>RENFORCE</i> : perturber l'environnement pour bénéficier du delta de congruence en vue d'apprendre les gestes de sécurité dans un laboratoire virtuel de chimie	199
4.2.	Les programmes de recherches : systématisation de la MHD afin de comprendre le rôle de la congruence culturelle et cognitive pour les apprentissages	201
4.2.1.	Le projet <i>EduBioCity</i> au service des sciences participatives : une analyse en termes de référentiels pour trianguler les niveaux macro-méso-micro	201
4.2.2.	Travaux sur les MOOC (<i>Gestion de Projet</i> et <i>CLEFS</i>) : le référentiel interne local pour réduire le delta de congruence	204
4.2.3.	Intégrer le numérique à l'école par la méthode hiérarchique distribuée : des technologies	

et une informatique scolaires culturellement congruentes.....	207
4.2.4. Du projet <i>PREP</i> à <i>PREP 2</i> : préparer enseignants et élèves.....	213
4.2.5. La collaboration à distance à l'université et la régulation anticipatoire des émotions	216
4.2.6. Le projet <i>FIDELIS</i> : application de la MHD dans le domaine de l'IA (étudier la congruence entre modèles généraux/locaux et niche écologique pour comprendre la performance d'un système distribué)	218
Conclusion.....	222
Références.....	228
Index des auteurs	282
Table des illustrations	284

Remerciements

Je voudrais remercier en premier lieu Stéphane Simonian, car il a cru en moi et en mes capacités à un moment où je n’y croyais pas encore. Grâce à sa confiance et ses encouragements, j’ai eu le courage de débiter mentalement la rédaction de la présente habilitation à diriger des recherches, en dialogue avec moi-même, ce qui m’a permis durant une année de me projeter dans l’écriture réelle du manuscrit. Son accompagnement intellectuel, méthodologique, mais surtout humain et amical, ainsi que ses relectures méticuleuses, m’ont permis d’élever mes propres exigences en matière de rigueur conceptuelle. Stéphane, ma gratitude est immense.

Pour rester dans la sphère professionnelle, je voudrais remercier tous mes collègues qui m’ont encouragé durant la période de rédaction. Vos soutiens m’ont touché et m’ont aidé à aller au bout du processus. Un clin d’œil amical spécial à Alain Fernex pour son soutien indéfectible !

Je remercie aussi toutes les personnes que j’ai pu croiser durant mon parcours professionnel, qui, grâce à des mots, des idées, des suggestions, des inspirations, des discussions, m’ont permis d’arriver là où j’en suis aujourd’hui de ma culture scientifique. Si vous vous reconnaissez, merci. Je remercie particulièrement Alain Jaillet, qui m’a accueilli comme doctorant en 2007, et qui m’a communiqué une méthodologie de travail qui me suit encore aujourd’hui. Il a par la suite toujours trouvé le moyen d’accompagner ma trajectoire professionnelle, qui aboutit aujourd’hui à cette synthèse en vue de l’habilitation à diriger des recherches.

Bien-sûr, ma pensée va à mes proches : mes amis, mes parents, mon frère et ma sœur, et surtout ma petite famille qui m’a supporté (dans les deux sens du terme) durant ce moment – long pour eux comme pour moi ! – et qui est aussi soulagée que moi que ce travail aboutisse ! Anne-Claire, Elie, Maya, je vous aime.

La finalisation de ce manuscrit, est, je l’espère, non pas seulement un aboutissement scientifique mais un début.

Propos Liminaires

Ce propos liminaire vise à fournir aux lecteurs et lectrices, des informations concernant la forme et le fond du présent document.

Sur la forme, par souci de lisibilité et fluidité de la lecture, le genre masculin est employé comme forme neutre. Toujours dans cette volonté de faciliter la lecture, et pour éviter au maximum les allers-retours du français vers l'anglais, nous avons traduit directement en français les citations provenant de sources en langue anglaise. Ces traductions peuvent donc toutes être considérées comme « libres ». Toutefois, il a été spécifié en anglais certains mots ou expressions, tout en les traduisant systématiquement en français, afin de préciser au lecteur l'origine épistémologique et disciplinaire de certains concepts (par exemple : *to cognize*).

Les nombreux renvois en note de bas de page visent aussi à favoriser la fluidité du texte : il faudrait ainsi les considérer comme des scolies, des remarques complémentaires en appui au propos principal. Nous sommes conscients que ces allers-retours peuvent surcharger cognitivement le lecteur : nous nous en excusons par avance.

Enfin, nos travaux sélectionnés en citations dans ce Volume 1 sont insérés dans le Volume 2 en respectant le découpage thématique en sous-sections de la Partie I (Synthèse des travaux), et de la Partie IV.4 (Perspectives et programmes de recherche) du présent volume. Le lecteur ou la lectrice pourront s'y référer afin de prendre connaissance de manière plus détaillée des différents cadres théoriques mobilisés ainsi que des protocoles de recherche à partir des productions scientifiques mobilisées dans le Volume 2. Le choix a été fait de mobiliser uniquement les productions les plus significatives par rapport aux développements de la note de synthèse (18 productions sur les 22 articles ACL, 12 actes de colloques, et 1 chapitre d'ouvrage, cf. Volume 2).

Sur le fond, le propos tenu dans cette habilitation à diriger les recherches puise ses fondements dans la compréhension d'un être bio-psycho-social (Linard, 1989) ou, plus précisément, dans la tentative d'articuler ces trois dimensions de l'être humain. Conscients de l'entreprise ambitieuse d'un tel projet, mobilisant des paradigmes et méthodologies spécifiques, le positionnement choisi est celui de la cognition distribuée (Hutchins, 1995) qui semble permettre d'articuler différents niveaux d'analyse (micrologique, mésologique et macrologique). Ainsi, tirailler entre le « fait social » et le « fait cognitif », et sans tomber dans une opposition stérile entre le tout et les parties, un des fils conducteurs est de questionner les approches situées dans

la continuité d'une approche écologique de l'agir humain en éducation et formation (Guérin, Simonian et Thiévenaz, 2023). Appliqué aux environnements numériques d'apprentissage, les recherches produites (cf. Volume 2) et mobilisées tendent à montrer qu'il est possible de comprendre ce que produisent des situations d'apprentissage instrumentées d'un point de cognitif en considérant ces processus comme distribués, situés, incarnés et, donc, comme bio-psycho-socioculturels. L'orientation scientifique ici proposée s'alimente, d'une part, de travaux scientifiques pluriels (en sciences de l'éducation et de la formation, en sciences sociales, en sciences cognitives, en philosophie, etc.) ; et, d'autre part, des diverses activités et synergies de tout enseignant-chercheur (projets scientifiques avec des neuroscientifiques par exemple, ou encore dans la volonté d'améliorer la réussite des étudiants en tant qu'enseignants et responsable de formation, cf. CV, Volume 2).

La mobilisation du concept de congruence s'inscrit dans l'ensemble des perspectives scientifiques et pédagogiques susmentionnées, en étant considéré comme une orientation scientifique, axiologique et praxéologique spécifique (Albero, 2019). La congruence, telle que présentée ici, est une manière de comprendre les processus d'apprentissage dans un paradigme tel que Kuhn le définit (1962), avec la prudence requise de ne pas confondre des cadres de référence qui, malgré leur proximité, ne seraient pas compatibles, mais en souhaitant articuler l'intelligibilité des phénomènes et la socio-culture de l'action. En d'autres termes, un des enjeux est de proposer l'articulation entre deux pôles : l'*épistémè* et la *praxis* (Albero, 2017). Le premier, est lié à la production de connaissances rationnelles, objectivables, vérifiables, transmissibles. Le second est lié à une pratique et une expérience transformatrices par lesquelles l'humain se développe en agissant, plus ou moins, librement en fonction de ses représentations et perceptions de la vie en société.

EXTERIEUR CAVERNE – NOUVEAU ROCHER

Guetteur-de-Lune se retrouve face-à-face avec le Nouveau Rocher lorsqu'il mène la tribu jusqu'à la rivière à la première lumière du matin. [...] Il s'agit d'un cube d'environ quinze pieds de côté, et il est fait d'un matériau totalement transparent [...]. Il n'y a aucun objet naturel auquel Guetteur-de-Lune puisse comparer cette apparition. Bien qu'il soit sagement prudent face à la plupart des nouvelles choses, il n'hésite pas à s'approcher.

Stanley Kubrick & Arthur C. Clarke (1968). *2001: A Space Odyssey*.

Introduction

Dans cette note de synthèse, voici l'histoire que nous allons raconter : telle une horloge, un système complexe fonctionne mécaniquement parce que ses composants sont « congruents » entre eux : les roues dentées s'emboîtent parfaitement et forment un système fonctionnel qui possède plus de valeur que la somme de ses composants pris séparément. Les humains, également, s'organisent en systèmes afin que chacun puisse produire un travail qui serve non seulement le groupe, mais aussi chacun d'entre d'eux pris séparément. Dans ce système constitué, les contingences du monde, comme autant de contraintes, vont faire en sorte que la congruence entre les composants de ces systèmes ne soit jamais parfaite. Pourtant, un système fonctionne, et l'humain apprend malgré ces contraintes. Et parce que les organismes biologiques ne sont pas des roues dentées dans un système fermé, ils cherchent constamment à persévérer dans leurs êtres car c'est leur nécessité de nature. Dans cet élan, « fonctionner malgré les contraintes » devient alors « évoluer grâce aux contraintes », en tenant compte d'un ensemble de spécificités humaines : biologiques, herméneutiques, sociales et culturelles.

Depuis ma recherche doctorale, je n'ai cessé de me questionner et tenter de concilier des approches qui peuvent paraître, de prime abord, contradictoires, bien que je tente tout au long de cet écrit de montrer leurs complémentarités. Un questionnement général a toujours accompagné mes réflexions de manière sous-jacente, celui qui consiste à comprendre par quels cheminements concrets des déterminants sociaux peuvent influencer des usages cognitifs d'un artefact numérique. A la suite de mon doctorat (2011), portant sur les effets des compétences numériques sur l'insertion socioprofessionnelle dans le contexte libanais, j'ai multiplié les expériences d'enseignement dans plusieurs universités, au Liban d'abord comme enseignant

contractuel (2011-2012), puis durant deux années comme ATER à l'Université de Lille (2012-2014), enseignements portant essentiellement sur les technologies de l'éducation et la méthodologie de la recherche. J'ai pu observer les différences entre les spécificités culturelles des deux publics d'étudiants, libanais et français, et ainsi réaliser à quel point un même outil dans des contextes similaires (académiques, en l'occurrence) pouvait porter des significations différentes, et comment les référentiels culturels respectifs conduisaient les étudiants à percevoir différemment des scénarios ou des objectifs pédagogiques, autrement dit, à interpréter différemment une consigne donnée. Cela a accru ma vigilance sur les effets que les différences culturelles pouvaient entraîner sur le rapport au savoir et le sens donné au cadre académique (ces différences s'appliquant également aux enseignants-chercheurs et personnels académiques).

La suite de mon parcours m'a conduit à honorer, à l'Université de Cergy-Pontoise, un contrat postdoctoral (2014-2015), dont la mission principale était de concevoir deux MOOC certificatifs¹ à destination des enseignants du Sud Global (essentiellement basés en Afrique et au Moyen-Orient), portant sur l'intégration des technologies numériques dans l'enseignement scolaire et universitaire, respectivement. Un des objectifs de ce projet, financé par l'Agence Universitaire de la Francophonie, était de concevoir un environnement d'apprentissage « adapté² » à son public-cible, c'est-à-dire intégrant dans ses contenus (notamment les exemples ou la bibliographie), le plus de références possibles au contexte africain notamment. C'est pourquoi les rédacteurs des contenus des modules ont été essentiellement recrutés en France, au Maghreb, en Afrique de l'Ouest et Centrale et au Liban (Chaker, 2019). Le référentiel de compétences utilisé fut celui publié par l'UNESCO (UNESCO, 2011), qui précise que les éléments présents dans le référentiel sont à contextualiser en fonction des besoins de leur implémentation, et a été conçu comme tel.

Un deuxième séjour d'un an au Liban, comme enseignant chercheur titulaire à l'Université Libanaise (2015-2016), m'a conduit à approfondir ma manière d'ajuster mes enseignements par rapport au public-cible : je possédais dorénavant une expérience significative dans les deux contextes culturels. Je veillais à prendre en compte les différences de perception quant aux artefacts proposés en support à l'enseignement : que cela concerne les outils et les environnements numériques de travail institutionnels proposés dans le cadre d'un cours

¹ <https://www.apprendre-certice.com/>

² Nous verrons plus loin dans ce travail pourquoi ce terme peut sembler imprécis du point de vue de mon positionnement épistémologique et les raisons pour lesquelles je mobilise la notion de congruence.

(supports de présentation, outils de communication, de dépôt de documents, visioconférence, etc.), ou bien les outils abordés dans le cadre des cours portant sur les technologies éducatives : les MOOC, le e-learning, les environnements de simulation, etc. Les différences culturelles de perception, ici en termes de rapport au savoir, semblent entraîner d'autres différences de perception quant aux technologies éducatives mobilisées dans la formation. Toutefois, alors que je suis maître de conférences depuis 2016 à l'Université Lumière Lyon 2, je constate également des différences de perception en ce qui concerne les outils numériques, au sein de mêmes promotions. En effet, le thème non plus seulement de la fracture d'accès, mais bien celui de la fracture d'usage, également liée aux facteurs socioéconomiques, est bien documenté depuis plusieurs années (Granjon, 2011 ; Pasquier, 2022).

Je suis, depuis 2021, directeur des études du campus numérique FORSE, consortium diplômant en sciences de l'éducation et de la formation de la L3 au M2, impliquant les Universités Lumière Lyon 2 et de Rouen ainsi que le CNED, comprenant annuellement environ 600 étudiants. Je suis responsable du Master 1 en sciences de l'éducation (depuis 2017, 120 étudiants) ainsi que du Master 2 Ingénierie Numérique et Pédagogique en Education et Formation (INPEF) depuis sa création en 2022. En tant que référent numérique et hybridation à l'Université Lyon 2, notamment lors de la période du COVID-19, j'ai été témoin des difficultés rencontrées par les collègues pour transformer leurs enseignements : pour les numériser, les hybrider, les effectuer à distance. Les contraintes techniques entraînent des difficultés pédagogiques, voire des souffrances professionnelles, lorsque l'environnement sociotechnique de travail apparaît comme insuffisamment aidant et signifiant (Simonian, 2019, 2022).

De manière générale, les nombreux séjours entre le Liban et la France, jalonnant mon histoire personnelle et professionnelle, m'ont conduit à m'intéresser aux différences culturelles, mais aussi aux similitudes, entre des individus et des contextes. Mon fil conducteur est cette recherche de spécificités culturelles qui conduisent les humains, en fonction des situations rencontrées ou dans lesquelles ils se trouvent, à percevoir différemment, à donner du sens différent, aux technologies qu'ils mobilisent chaque jour ou qui leur sont proposées comme support ou objets d'enseignement. Pourquoi certaines personnes utilisent le téléphone portable essentiellement pour communiquer sur les réseaux sociaux alors que d'autres s'en servent également dans un but de réseautage et de développement professionnel, éducatif, de formation, d'insertion socioprofessionnelle, etc. ? Quels processus cognitifs sous-tendent réellement ce que l'on nomme les déterminants sociaux ? Comment ces liens à distance, entre ces supposées origines et les situations sociotechniques et pédagogiques, s'établissent et fonctionnent ?

Je n'ai jamais pensé que ces liens étaient « mécaniques », comme si certains humains étaient (pré)destinés à utiliser le téléphone portable ou l'ordinateur de telle ou telle manière, parce qu'ils sont nés ou qu'ils habitent tel ou tel milieu³. Pourtant, force est de constater que des différences sont là. Il m'a semblé alors indispensable de poser la focale à un niveau micrologique, tout en gardant un œil sur un niveau macro, et ainsi garder une vue dynamique avec un angle élargi pour tenter de comprendre comment s'articulent le macro et le micro. Comprendre quelles sont précisément les dynamiques en jeu, qui entraînent les régularités observées traditionnellement par les sociologues. Il me semble qu'il est, dans cette perspective, indispensable de s'attarder sur la manière dont le sujet en action s'approprié et donne sens à une situation, et comment ce lien distal avec son parcours social entre en cours de jeu lorsqu'il perçoit, décide, agit (le tout sans ordre particulier).

Cette entreprise imposerait-elle alors au chercheur en sciences de l'éducation et de la formation de développer une expertise dans ce qui explique le général, mais aussi dans ce qui explique le singulier, et ce qui les relie ? Une telle entreprise implique de s'intéresser à ce qu'il se passe au niveau mésologique de la situation d'apprentissage. Dans tous les cas, le chercheur doit alors maîtriser les outils des sciences dites « contributives » : les outils de la sociologie (de l'éducation), de la psychologie (de l'éducation) et des technologies de l'éducation, même si, comme le note Astolfi (1997), il faudrait d'un point de vue pédagogique « d'abord savoir quelle psychologie ou quelle sociologie, tant ces dernières sont marquées par une absence de consensus et répondent à des paradigmes pluriels » (p. 26). De plus, un chercheur en technologie de l'éducation devrait également, et naturellement, s'intéresser aux objets techniques à partir des travaux en sciences de l'information et de la communication, de l'informatique, de l'ergonomie, de l'anthropologie et de la philosophie ! Quelle vaste entreprise, d'autant que chaque discipline ayant son objet propre, et donc ses méthodes, comment réussir à produire des résultats de recherche qui font sens pour chacune d'entre elles, et qui aurait du sens pour leurs objets de recherche respectifs ? Serait-il possible d'imaginer un langage commun que l'on puisse utiliser pour traiter un fait ou un phénomène éducatif qui concerneraient plusieurs disciplines à la fois ? Mais n'est-ce pas là justement le propre des sciences de l'éducation et de la formation, que de proposer un langage et une méthode

³ « Le milieu social, en sociologie, renvoie à un groupe social disposant de styles de vie, de principes et de conditions de vie socio-économiques semblables » (Frey, 2012, parag. 34). Également, « Le concept de milieu social sert à désigner de grands groupes sociaux qui se distinguent de leur environnement sociétal général. Ces groupes partagent des points culturels et structurels, ont des traits qui permettent de les reconnaître et ont un degré de communication interne élevé (Schulze 1990, 1995, Stolz 1999, cités par Gachet, 2013, p. 27)

scientifiques compréhensibles par les sciences humaines et sociales en général, mais que l'on reconnaîtrait tout de même comme spécifiques aux sciences de l'éducation et de la formation ? Une *lingua franca* pour comprendre les phénomènes éducatifs.

Il s'agit notamment de sortir de l'opposition entre la biologie et la culture, en considérant que les deux sont non seulement interdépendantes, mais que l'une peut également être vue comme une extension de l'autre (Latour, 2013 ; Linard, 2001), voire qu'elles constituent la manifestation d'un même phénomène, qui est celui de la cognition en général : « la relation entre l'environnement social, les états du corps et la réflexivité », pourrait constituer une sorte de processus naturel (Pharo, 2011, p. 304). Il s'agirait alors de naturaliser les phénomènes cognitifs, autant que les interactions sociales, qui en sont une manière d'apparaître à nous. A la suite de Pharo (2011), nous voudrions également « dessiner les contours d'une alternative réaliste à cette tendance constructionniste de la sociologie de la connaissance, en prenant appui sur certains apports des sciences cognitives contemporaines » (p. 299), ces dernières relevant d'une approche incarnée et située de la cognition, c'est-à-dire ancrée dans la réalité socioculturelle.

D'après Lahire (2001), la sociologie de l'éducation, préoccupée par la question de reproduction sociale (qui serait mécanique) s'est pendant longtemps contentée « de faire le constat d'une inégalité face aux institutions légitimes (école et autres institutions culturelles) et/ou d'un héritage culturel et social intergénérationnel (famille) » (p. 131). La sociologie de l'éducation théorise ainsi la reproduction sans jamais réellement se pencher sur ce qui se reproduit exactement et comment, en manquant cruellement d'une « théorie de la connaissance et des modes de socialisation » (Lahire, 2001, p. 131) à partir d'indicateurs précis. Les différentes approches pour analyser l'activité humaine souffrent d'une même limite, qui est la non-prise en compte des effets agissant à distance sur le sujet. Ces caractéristiques sont cognitivo-culturelles (Tomasello et Bonnin, 2022 ; Bruner, 1990), dans le sens du procès des expériences perceptives et sociales passées du sujet et du processus incrémental, qui le mènent à percevoir différemment d'un autre sujet les possibilités d'agir dans un même environnement.

A partir de questionnements de départ, une orientation méthodologique apparaîtra au fil du présent travail, qui servira de cadre d'analyse et de compréhension des phénomènes que nous cherchons à étudier : comment se distribue la cognition (Hutchins, 1995) à partir de facteurs macrologiques vers une situation d'apprentissage couplant le sujet et l'environnement sociotechnique ? Comment formaliser les dynamiques qui façonnent l'environnement immédiat, puis le contexte plus général, à partir des actions humaines ? Notre but est d'enrichir

les travaux actuels sur les technologies de l'éducation en travaillant sur l'articulation des travaux en sociologie de l'éducation, avec ceux en psychologie de l'éducation, pour tenir compte des situations d'apprentissage (Audran, 2010 ; Pastré, 2011) et, plus spécifiquement, lorsqu'elles sont instrumentées (Rabardel, 1995), pour mieux renseigner ce qui se produit en situation, notamment en termes de distributions cognitives. Si cette jonction entre des approches sociologiques et psychologiques a déjà donné lieu à des recherches et des champs spécifiques (psychosociologie, socio-cognition), l'enjeu est ici de mailler ces approches au sein d'un cadre épistémologique et méthodologique unique, afin de proposer à la recherche en sciences de l'éducation et de la formation (SEF) une manière d'étudier les phénomènes éducatifs et d'apprentissage instrumentés par des artefacts numériques. Ainsi, se pose la question de la limite de l'unité d'analyse. Jusqu'où le chercheur en SEF devrait-il « remonter », mais aussi « redescendre », afin de délimiter la focale d'observation pour l'analyse et la compréhension du phénomène qu'il étudie ? Et par quels moyens méthodologiques ? C'est également à cette question que le présent travail va s'atteler à fournir des éléments de réponses.

La première partie de cette note synthétise les résultats de mes travaux sur les technologies de l'éducation (2011–2022), en mobilisant le prisme paradigmatique qui constitue le cœur du présent travail : articuler des dynamiques processuelles cognitives et sociales, le général et le particulier, le contexte et la situation. La deuxième partie poursuit cette réflexion, en explorant différents cadres et horizons théoriques, afin de nous aider à comprendre les phénomènes que nous tentons d'explicitier : comment se produit, et comment expliquer, cette tension entre le général et le particulier, et plus généralement entre le distal et le local, du point de vue temporel. Ici, j'esquisse des orientations théoriques, du champ de la sociologie, de la psychologie, de la philosophie, et plus particulièrement de l'anthropologie cognitive, à partir de la cognition distribuée (comme dimension structurale générale), dont j'approfondis l'acceptation temporelle et sociologique, présidant la relation entre la constitution de nos dispositions à percevoir, et « ce qu'il se passe » en situation. La troisième partie est l'aboutissement de cette esquisse, y compris méthodologiquement, en proposant le phénomène de congruence, comme étant compris dans cette structure temporelle cognitive, qui permet au sujet d'actualiser ses dispositions, comme constitutives de son référentiel interne, en fonction des disponibilités locales. Enfin, la quatrième partie opérationnalise mes propositions théoriques en les mettant à l'épreuve de projets et de programmes de recherche portant sur les technologies éducatives.

PARTIE I. Synthèse des travaux : approches sociologiques et cognitives pour comprendre les phénomènes éducatifs numériques

Cette partie propose une revue synthétique des travaux produits, à partir de la thèse de doctorat (depuis la soutenance en 2011, suivie d'une césure d'un an et demi) jusqu'à mes dernières recherches. L'idée est de montrer le chemin épistémologique et empirique parcouru depuis une douzaine d'années de recherches en SEF, chemin qui n'eut de cesse de tenter de comprendre comment se font les liens entre les parcours sociaux des sujets et les usages⁴ des artefacts numériques ; dit autrement, une dynamique de compréhension de ce qui relie le général (la position sociale des sujets) au particulier (des situations⁵, des artefacts).

Le point de départ fut une approche ancrée dans un paradigme sociologique pragmatique (cf. Boltanski et Thévenot, 1991 ; Boltanski et Chiapello, 1999 ; Chaker, 2011), basé sur la rationalité des acteurs. Le but était de comprendre comment ces derniers définissent les principes supérieurs à partir desquels ils construisent la justification de leurs actions (Boltanski et Thévenot, 1991). A mesure de mes projets de recherche et productions scientifiques (Chaker, 2013 ; Chaker, 2019 ; Bachelet et Chaker, 2017 ; Chaker et Bachelet, 2020 ; Chaker, 2020, voir Volume 2), ma réflexion a basculé graduellement vers une double focale : celle de la prise en compte de facteurs exogènes à la situation instrumentée⁶, ainsi que celle de la prise en compte

⁴ Le terme « usage » ne réfère pas exactement à l'acception proposée par la sociologie des usages (Akrich, Perriault, etc.) mais à une certaine continuité de ces travaux : l'usage est un consensus social en situation impliquant d'enrichir les recherches sur les dimensions situées et, plus spécifiquement, comme nous le verrons, à celles incarnées (y compris sociologiquement) et distribuées (socio-cognitivement).

⁵ Pour Audran (2010) : « L'idée de situation en se démarquant de celle de dispositif tente de prendre en compte l'intentionnalité et le vécu de l'utilisateur dans son rapport au dispositif mais n'existe en fait que d'un point de vue social » (p. 19). Il cite Goffman (1964/1988), pour qui « une situation commence lorsque deux personnes sont en présence mutuelle immédiate » (p. 147), mais jamais indépendante « des enjeux plus généraux fournis par le contexte » (Audran, 2010, p. 84).

⁶ La situation d'activité instrumentée constitue l'unité d'analyse par l'approche instrumentale (Bationo-Tillon et Rabardel, 2015). En effet, selon Rabardel (1995), les schèmes d'utilisation d'un instrument « ne concernent pas seulement l'artefact mais l'ensemble des éléments caractéristiques des situations d'activité instrumentée, en particulier les trois pôles de la triade (sujet, instrument, objet), les interactions entre eux, les éléments du contexte pertinents pour l'action, et l'action elle-même » (p. 126). En tentant d'enrichir cette approche, nous ne nous situons pas dans une approche instrumentale au sens strict de la genèse instrumentale, mais proposons notamment d'étendre cette notion de contexte : 1- au principe de distribution de la cognition (c'est-à-dire que le contexte n'est pas figé mais constitue une extension de la cognition) ; 2- à ce qui n'est pas observable directement.

d'effets cognitifs sur les stratégies et les perceptions des sujets. C'est alors qu'un ensemble de recherches ont émis l'hypothèse d'une sorte de *continuum* entre le général et le particulier (Chaker et Bachelet, 2020 ; Chaker, Bouchet et Bachelet, 2022) : et si les comportements sociaux et les perceptions des sujets étaient une forme distale issue d'effets exogènes à la situation, cette dernière participant elle aussi à redéfinir des règles générales par un procès immanent (Vial, 2013) ?

Etudier le sujet dans son environnement immédiat mais aussi distal revient à considérer qu'il existe une seule unité d'analyse, celle du couplage entre le sujet et son environnement numérique (Lave, 1988 ; Hutchins, 1995)⁷. Seulement, il reste encore à mettre la lumière sur la nature et la dynamique de ce couplage (Maturana et Varela, 1980⁸ ; Varela, Thompson et Rosch, 1991 ; Quick et Dautenhahn, 1999⁹), mais pas seulement entre le sujet et son environnement immédiat, mais aussi entre le sujet et des facteurs plus éloignés dans le temps. En effet, pour des critiques de l'approche écologique de la cognition (Varela, Thompson et Rosch, 1991 ; Bateson, 1972 ; Gibson, 1979), telle qu'articulée jusqu'à présent, celle-ci peine à rendre compte d'un aspect pourtant décisif de la perception et de l'action humaines : à savoir, le fait que notre perception des affordances¹⁰ est façonnée par les normes socioculturelles¹¹ qui régissent les communautés auxquelles nous participons (Simonian, 2014, 2022 ; Segundo-Ortin, 2022). Pour Segundo-Ortin (2022), étant donné que ces normes¹² ne sont pas spécifiées

⁷ D'après Simonian (2014), « un environnement numérique d'apprentissage peut être considéré comme "un milieu technique" pour une partie de la population (Leroi-Gourhan, 1943/1971) qui met en jeu des valeurs socioculturelles propres à cette population dépassant la stricte interaction sujet/objet numérique » (p. 7).

⁸ Le couplage structurel, au sens utilisé par Maturana et Varela (1980), décrit un processus qui se produit grâce à des perturbations répétées et non destructrices entre un système et son environnement, chaque perturbation ayant un effet sur la trajectoire dynamique de l'autre, ce qui influence à son tour la génération et les réponses aux perturbations ultérieures.

⁹ Pour Quick et Dautenhahn (1999), le couplage structurel d'un sujet dans son environnement suppose que le premier soit incarné dans le second, et que cela influence autant la cognition du sujet que l'environnement dans lequel il évolue. Ce couplage structurel suppose la chose suivante : « Un système X s'incarne dans un environnement E s'il existe des canaux perturbateurs entre les deux. Autrement dit, X est incarné dans E si, pour chaque instant t auquel X et E existent, un sous-ensemble d'états possibles de E par rapport à X a la capacité de perturber l'état de X, et un sous-ensemble d'états possibles de X par rapport à E a la capacité de perturber l'état de E ». (parag. 6).

¹⁰ Gibson (1979) a introduit le concept d'affordance dans son approche théorique de la psychologie écologique. Il a défini l'affordance d'une chose directement perçue comme « une combinaison spécifique des propriétés de sa substance et de ses surfaces prises en référence à un animal » (Gibson, 1977, p. 67). Par exemple, la possibilité de monter une marche d'escalier de manière bipède a été décrite en termes de hauteur d'une contremarche prise en référence à la longueur des jambes d'une personne. Pour Simonian (2014), l'affordance concerne « les possibilités qu'offre un objet technique dans sa mise en relation avec un sujet et, de manière plus générale, sur la manière de concevoir un espace signifiant de possibilités », (p. 6), autrement dit, une niche écologique.

¹¹ Chez Simonian (2014), une norme est comprise comme une tension entre ce qui serait imposé du « haut » (les politiques) et traduit et construit par le « bas » (les acteurs).

¹² Une norme est une règle de conduite dans une société ou un groupe social. Outre le fait qu'il s'agit d'une manière d'agir, la norme définit un certain espace social où sont inscrites des règles prescriptives et restrictives (Chaker, 2011).

dans les informations perceptives, « il n'est pas clair comment elles peuvent jouer un rôle dans la façon dont les individus perçoivent et agissent sur les affordances de l'environnement » (p. 2). Il revient alors à proposer que ces normes sont : soit incorporées par la personne (en situation et/ou en tant qu'héritage culturel), soit présentes dans l'environnement (dont une partie est construite par les humains et donc le produit d'un construit socio-historique), et font partie du paysage des affordances, voire de la niche écologique¹³. Comment alors les normes socioculturelles influencent-elles la perception et réciproquement ? Plus précisément, comment s'articulent les normes socioculturelles, comme participant de la boucle perception-cognition-action, avec la situation ? Dit autrement, comment articuler les facteurs relevant de ce que la sociologie de l'éducation étudie habituellement (le milieu socioéconomique, le milieu culturel, les effets de groupe, les processus de socialisation, l'intériorisation de normes, etc.) et les facteurs écologiques pour rendre compte des processus développementaux des sujets en action ?

Une première piste théorique a émergé au fil de l'avancée de mes travaux et réflexions (voir **Partie II, p. 45**) : la théorie de la cognition distribuée (Hutchins, 1995) permet d'étudier non pas le sujet en action séparément de son environnement immédiat (pairs, artefacts), mais en prenant en compte le système qu'ils constituent, un système cognitif distribué de manière fonctionnelle et signifiante entre le sujet et son environnement. Jusqu'où un tel paradigme du couplage structurel sujet-environnement peut circonscrire un ensemble de facteurs agissant, plus ou moins distaux dans le temps et l'espace ? C'est ce questionnement qui explique les raisons qui ont permis à ce travail de prendre forme et de débiter.

Cette première partie de ma note de synthèse tente de montrer le déplacement progressif de ma logique de pensée vers un tel paradigme. Je tente ici de montrer comment mes travaux ont contribué à travailler sur la cognition distribuée en éducation et formation, plus particulièrement dans les environnements numériques, comme approche scientifique, afin de présenter un cadre théorique prenant en compte l'articulation de facteurs de différents niveaux (avec une première articulation ternaire et trilogique micro-méso-macro) afin d'analyser les phénomènes éducatifs et formatifs instrumentés. *De facto*, cette prise en compte d'une analyse hiérarchique multi-échelle mobilise des concepts de différentes disciplines : la sociologie de l'éducation, la psychologie sociale et de l'éducation, l'ergonomie, les sciences de l'information et de la

¹³ D'après Simonian (2014) : « Une niche écologique spécifie l'adaptation dynamique d'un être vivant à son milieu (Lamarck, 1779, 1809 ; Darwin, 1888) à partir de l'identification d'entités vivantes et non vivantes présents dans un même environnement, puis leurs possibles relations, interrelations (Haeckel, 1870) ou hiérarchisations (Möbius, 1877) » (p. 12). Pour Wells (2002): "A niche, in other words, is a habitat plus a set of affordances" (p. 43).

communication, les technologies de l'éducation.

1. D'une première approche pragmatique des outils numériques à l'approche située des *workplace studies*

1.1. Première étape : dialectique entre spécificité et universalité des situations

Dans ma thèse de doctorat (Chaker, 2011), j'ai mobilisé la sociologie pragmatique des économies de la grandeur (EG) de Boltanski et Thévenot (1991) ainsi que Boltanski et Chiapello (1999) pour comprendre la contribution de l'usage des TIC (technologies de l'information et de la communication) à l'insertion socioprofessionnelle (dans le contexte libanais). Ces sociologues ont modélisé des registres généraux de justifications utilisées dans les activités quotidiennes : chacun de ces registres réfère à une conception différente du bien commun et de la justice dans une cité (Corcuff, 1995). C'est à partir de la philosophie politique et morale que les auteurs ont développé six cités « justes », avec des échelles de grandeurs (ou d'Etat de grand) relatives à chacune d'elles. Dans chacune de celles-ci, « sont mobilisés des cohérences qui mettent au premier rang des personnes, des objets, des représentations, des figures relationnelles qui sont autant de visages permettant de reconnaître de quelle « nature » relève la situation, tant du point de vue de la personne qui s'y meut que de celui de l'observateur qui tente de la comprendre » (Livian et Herreros, 1994, p. 44). Ainsi, les économies de la grandeur permettent de comprendre non seulement la façon dont les accords entre acteurs sont construits et réalisés (Amblard et al., 1996), mais aussi la coordination entre acteurs qui fonctionnent selon des logiques hétérogènes (Livian et Herreros, 1994). Ces référentiels moraux et politiques procèdent en quelque sorte d'un travail d'abstraction conceptuelle, « mené de manière exogène à la situation et [qui] va permettre de modéliser les compétences des personnes » à agir en vue d'arrangements situationnels (Trom, 2003, p. 469). D'un point de vue méthodologique, le chercheur dispose alors d'outils analytiques lui permettant de « décrire la manière dont des performances locales contiennent des prétentions d'universalité qui déborde la situation et pointent vers un ordre moral et politique qui les transcende » (Trom, 2003, p. 470). Ce cadre théorique, celui des Economies de la Grandeur, considère que les acteurs en situation utilisent des référentiels moraux et politiques qui préexistent à eux-mêmes et aux situations. **La situation serait ainsi un prolongement réifié et phénoménologique du procès anthropologique.** Nous pourrions rapprocher le concept de situation à celui des faits de bas-

niveau (*low-level facts*) chez Chalmers (2006), qui seraient causés, plus ou moins fortement, par des faits de haut-niveau (*high-level facts*)¹⁴.

Cette approche sociologique et pragmatique se base ainsi sur les conventions intersubjectives (et intergroupales) pour rendre compte des choix, conduites individuels et justification publique des acteurs. Elle postule que l'on peut expliciter les dynamiques sociales par le biais de conventions théorisées et stabilisées par le jeu des acteurs. Cette approche possède un caractère quelque peu transcendantal : les normes suivies par les acteurs se réfèrent à des jugements moraux, produits par la coordination des acteurs, afin de pouvoir se justifier en public en montant en généralité. Les auteurs s'écartent de la tradition durkheimienne puis bourdieusienne, en tentant de concilier une approche structuraliste et conventionnaliste, fruit de la « conciliation » sociale des rationalités individuelles. Comme le constatent Amable et Palombarini (2005), dans le paradigme proposé par les EG, le théoricien porte un jugement éthique sur la réalité qu'il analyse. Le fait de réduire l'analyse d'un concept à la dimension d'un choix rationnel, ne rend en effet visibles les enjeux d'un contexte social que du point de vue de la personne. Or, d'après Amable et Palombarini (2005), « la politique ne peut être réduite [uniquement, ajout de nous] à la mise en œuvre de principes éthiques ». Dans l'approche proposée par Boltanski et ses collègues, la subjectivité est telle que le système des grandeurs ne renvoie pas à une vision prenant en compte les rapports de force et tensions en présence dans la logique sociale. En effet, les EG se basent sur une morale intrinsèque à une cité. Les EG critiquent la tradition bourdieusienne en opposant le libre arbitre au conditionnement social. Ils estiment qu'il est possible pour les acteurs de faire des choix « identitaires » s'affranchissant de l'ensemble des contraintes structurales (ou socialement structurées), et donc en rapport à une logique d'action. Pour Coutrot (1998), dans l'exemple de l'analyse des dynamiques des relations de travail, puisque basées sur des principes de philosophie morale et politique, les EG tombent dans des écueils ou carences fondamentales : la non-reconnaissance de la dimension systémique de l'entreprise capitaliste ; l'insuffisante prise en considération de la dimension historique et conflictuelle de la coordination économique. Cette insistance sur l'autonomie des acteurs et leur libre arbitre, élude en partie les contraintes que les institutions et les structures socio-économiques font peser sur la genèse même des perceptions et des valeurs des acteurs et sur leurs capacités d'action. L'intersubjectivité est la pierre angulaire de toute analyse se basant sur le cadre théorique de l'EG.

¹⁴ Comme prolongement phénoménologique, il serait même possible d'assimiler le phénomène de situation à celui d'émergence chez Chalmers (2006), comme effet de notre conscience (voir Chalmers, 1996, 2003).

Cette approche sociologique accorde un poids considérable aux spécificités des situations. Celles-ci, prises dans leur sens étendu (matériel et social immédiat), agissent comme des ressources et des moyens mobilisables par les acteurs afin de sélectionner, plus ou moins consciemment, les principes de grandeur les plus adéquats au régime d'action (justification, dispute, etc.) afférent. Pour Conein (2011), c'est ce qui « autorise à parler de mondes domestique, civique, industriel ou autre, selon que les objets disponibles invitent à mobiliser les principes de grandeur correspondant » (p. 256).

Dans la réalisation de la thèse, j'ai contextualisé les rapports de force sociaux, en instrumentant les deux cités civique et industrielle, en mettant à l'épreuve le cadre théorique de l'EG comme outil méthodologique dans le cadre du contexte d'étude. Je cherchais à comprendre les dynamiques, leviers et contraintes inhérentes à la spécificité du marché du travail libanais, en interrogeant décideurs et acteurs publics et privés sur leur conception des compétences numériques des jeunes libanais en vue de leur insertion professionnelle. Les acteurs du public faisaient « appel » à la cité civique et son principe supérieur commun constitué par la prééminence du collectif, de la conscience collective ou la volonté générale, et de son « état de grand » qui qualifie ce qui est réglementaire et représentatif. Dans la cité civique, la « dignité des personnes » est liée à leur aspiration aux droits civiques, à la participation, tandis que la « figure harmonieuse de l'ordre naturel » est représentée par la république démocratique (l'Etat, les institutions représentatives). La « déchéance » de la cité civique est l'isolement et l'individualisme, et, dans le contexte qui nous intéresse, la corruption et le clientélisme, ce que déplorent les acteurs interrogés. Quant aux acteurs du monde de l'entreprise, ils font surtout appel à la cité industrielle, dont le principe supérieur commun est l'efficacité et la performance dans l'organisation, alors que l'« état de grand » est caractérisé par ce qui est performant, fiable et opérationnel. Est petit ce qui est inefficace, aléatoire et inactif. Ces acteurs quant à eux critiquaient le système politique, qui, comme pour les premiers, déploraient l'inefficacité de l'Etat libanais à cause des mêmes raisons. Même si l'aspect contextuel et holistique est minoré en faveur des conventions interpersonnelles, j'ai tenté, en invoquant des auteurs tels que Bourdieu (1989) ou Habermas (1991), de concilier différentes approches afin d'établir une approche sociologique et pragmatique compréhensive plus complète du point de vue des dynamiques et des forces agissantes.

Une autre critique que nous pouvons adresser est celle d'une conception des acteurs en tant que rationalités désincarnées d'une réalité et d'une épaisseur culturelles, considérant la position sociale ou les intérêts (d'un point de vue des décisions dites « économiques ») suffisamment

explicatifs du fait « d’habiter » une cité plutôt qu’une autre. La sociologie pragmatique risque de tomber dans un piège réductionniste, qui est de baser les raisons d’agir de ces individus¹⁵ à partir d’une raison discursive dans un régime de justification publique.

1.2. Deuxième étape : l’hypothèse cumulative des technologies de l’information et de la communication

J’ai également mobilisé le cadre théorique de l’EG pour analyser l’expression écrite en ligne (les interactions politiques sur des forums libanais ou en commentaires d’articles de presse en ligne, Chaker, 2017), en tant que discours dans la sphère publique, qui s’inscrit dans un régime d’action et de justification basé sur une conception relative du bien commun, tout en constituant le miroir des communautés d’intérêts existant déjà dans la sphère publique. Les résultats obtenus corroborent ceux de Lazarsfeld (1944, 1955) – la plupart des personnes s’exposent en priorité aux communications qui s’accordent avec leurs opinions préalables, l’effet direct de l’information consiste surtout à renforcer les opinions préexistantes – ont démontré le phénomène d’agrégation des opinions dans la sphère informationnelle. Les échanges virtuelles permettraient ainsi de conforter des prises de position (politiques, morales) individuelles (au sein de sites, blogs et forums) préexistantes. **Cela renvoie à une hypothèse cumulative des TIC : elles ne remplacent pas les réalités et les faits sociaux préexistants, mais ajoutent des nouvelles formes de sociabilités.** Plus généralement, elles pourraient surtout renforcer des dynamiques sociales, voire psychosociales, déjà existantes, plutôt que d’en créer des nouvelles *ex-nihilo* (Pledel, 2007 ; Casili, 2010). Pour notre étude, nous partons d’une hypothèse non déterministe des technologies : un terrain d’échange en ligne offre une possibilité de promiscuité, de rencontre de l’autre. Un média rend possible quelque chose (Peeters et Charlier,

¹⁵ Dans cette note de synthèse, j’utilise les termes « individus » et « sujets », à la manière d’Edwin Hutchins dans son livre *Cognition in the wild* (1995), de manière interchangeable. En effet, en sociologie, un individu est généralement compris comme une personne unique dotée d’un pouvoir d’action, d’une conscience et qui est disposé à agir dans des contextes sociaux : cela correspond à mon positionnement épistémologique conférant à la personne un degré d’autonomie contingente. Néanmoins, cette agentivité est limitée (Evans, 2015). L’individu devient sujet puisque, couplé structurellement avec son environnement, il est modifié par ce dernier autant qu’il est modifié par lui : l’individu devenu sujet ne peut complètement se prétendre indépendant des facteurs passés ou présents (qui relèvent de causations constituant un continuum d’internalité et d’externalité). Il devient sujet parce que ce sont les conditions du contexte et de la situation qui permettent à ses dispositions à agir de réellement s’actualiser. Deux précisions supplémentaires : d’abord, je reproduis évidemment tels quels les termes utilisés à l’intérieur des citations, puis, en fonction du cadre épistémologique ou du paradigme, nous utilisons l’un ou l’autre terme. Par exemple, je favorise le terme « individu » lorsque j’évoque la sociologie pragmatique, et le terme « sujet », lorsque j’évoque le couplage structurel avec l’environnement. Le sujet serait ainsi l’individu rendu « intelligible », mais seulement (et nous le verrons également en ce qui concerne la compréhension et l’objectivation de l’action située), *a posteriori*, après les faits (Butler, 1997).

1999), il offre l'occasion de possibles.

J'ai par ailleurs mis en évidence que cette agora virtuelle ne permet pas de mettre les différences à plat. L'importance de la catégorie « déchéance de la cité civique » démontre que des individus, en dépassant les barrières communautaires physiques, dépassent également les barrières morales qui pourraient préexister en tant que clivage idéologique. L'espace public virtuel n'est donc pas seulement une reproduction de la réalité, mais fait également converger les opinions, les polarise, et en grossit leur manifestation : un **effet « loupe »**. Ainsi, les environnements numériques pour l'expression et la discussion ne peuvent pas, à eux-seuls, modifier directement la réalité sociale, de manière structurelle, mais peuvent constituer phénoménologiquement des dynamiques sociales, qui, *a minima*, reproduisent les dynamiques physiques à l'identique, tout en ajoutant une « couche », ou un effet supplémentaire, propre à la matérialité des technologies numériques. Cela grâce à un **alignement** entre les caractéristiques des individus (ou de leurs dispositions) et les caractéristiques, les possibilités offertes par la structure et la matérialité sociotechniques des TIC. Cet effet relève d'une concentration d'opinions semblables pouvant exercer des effets propres sur la plateforme en question (*via* cet effet « loupe », et parce que les individus partageant les mêmes opinions ont tendance à s'agrèger) : il s'agirait alors principalement d'un phénomène informationnel et communicationnel induit par : 1- ce que permettent de faire les plateformes digitales ; 2- le fait que les humains ont tendance à s'exposer aux informations qui confirment leurs croyances et donc se rapprocher de leurs semblables (homophilie) (DeGroot, 1974 ; Deffuant et al, 2000) ; 3- l'effet du groupe, puisque le phénomène d'homophilie ne peut expliquer à lui seul celui de la forte polarisation des opinions : comme si un phénomène de distribution cognitive sur l'ensemble des membres d'un réseau, transformait ce dernier de manière à différencier ses effets communicationnels et informationnels produits, des effets potentiels des membres qui le composent chacun pris à part. Ce serait peut-être ce *delta*, entre les effets d'individus en groupe d'une part, qui formeraient une seule unité d'analyse, et les effets d'individus séparés d'autre part, qui constituerait une des propriétés du phénomène réticulaire quant à la diffusion et la propagation des informations. Par exemple, Sunstein (2017) précise qu'« un groupe d'individus tend à prendre des décisions plus extrêmes que les inclinations naturelles de ses membres », s'ils étaient pris séparément. Néanmoins, ce phénomène communicationnel entraîne des effets sociaux immédiats limités. Il en a été beaucoup question dans les débats grand public de l'effet des réseaux sociaux sur

l'engagement politique, syndical, voire « révolutionnaire¹⁶ ». Si ces réseaux socio-numériques sont utiles, il serait bien trop réducteur de considérer qu'ils agissent autrement que tels des catalyseurs ou des accélérateurs, sans prendre en compte les prémisses sociales et contingences politiques, les conditions objectives et matérielles d'apparition des mouvements sociaux, autrement dit de leur ancrage social (*social embedment*, Vannoy et Palvia, 2010).

Certains des résultats produits (Chaker, 2011, 2013, 2017) se situent dans un contexte général dans lequel les technologies numériques entraînent, et participent, à la porosité entre différents contextes spatio-temporels humains (contextes professionnel, privé, académique). Les outils numériques et connectés permettent, en théorie, le transfert de pratiques, donc de compétences, d'un contexte vers l'autre. Afin de mieux saisir la relation entre les compétences de l'utilisateur en termes de TIC, leurs impacts sur celles-ci ont été modélisés (Chaker, 2011, 2013) selon les différents contextes de leurs usages. Les ressources informationnelles (converties en capacités, voir par exemple Fernagu-Oudet, 2012) et humaines (potentiellement des relations sociales) peuvent être développées à un niveau personnel et domestique : ainsi, elles peuvent être capitalisées puis mobilisées dans différents contextes (la recherche d'information, de contacts, etc.). Une autre dimension, celle des compétences, recouvre l'ensemble des savoir-faire engendrés par l'usage des TIC (comme la maîtrise technique des machines et de logiciels), en termes de compétences opérationnelles. Ces dimensions s'exercent dans un contexte organisationnel et technologique : ici la technique agit sur la transformation de l'activité professionnelle (et transforme donc l'organisation de l'activité dans son ensemble).

Des indicateurs d'insertion sociale et professionnelle¹⁷ se retrouvent liés significativement à des variables d'usage des TIC (usage des outils de bureautique, de programmation, des réseaux sociaux, s'informer sur Internet, etc.) (Chaker, 2011 ; 2013 ; 2020). Ainsi, des usages domestiques d'outils numériques seraient liés à des formes de reconnaissance et d'intégration professionnelles réussies (Chaker, 2020).

¹⁶ Concernant ce que l'on a qualifié de « Printemps Arabe » ; il a même été question de « Révolution 2.0 » (Faris, 2012).

¹⁷ Nous avons établi plusieurs sous-variables constitutives de la variable d'insertion socio-professionnelle (Chaker, 2011 ; 2013), afin de construire notre outil d'enquête par questionnaire : le capital social professionnel (ex. d'item : « Vous avez beaucoup de contacts humains au sein de votre lieu de travail ») ; la reconnaissance des compétences au travail (ex. d'item : « Vos collègues demandent votre avis sur des sujets importants ») ; la valorisation du travail et reconnaissance sociale (ex. d'item : « Votre travail est-il valorisant ? ») ; l'insertion économique (ex. d'item : « Êtes-vous en mesure d'envisager des projets très coûteux ? ») ; mobilité professionnelle horizontale (ex. d'item : « Pensez-vous vous voir attribuer un projet clé ») ; mobilité professionnelle verticale (ex. d'item : « Pensez-vous pouvoir gravir un échelon ») ; l'insertion sociale (ex. d'item : « Votre travail vous permet de rendre des services autour de vous »).

1.3. Troisième étape : l'organisation humaine comme lieu de disponibilités locales

Pour tenter de mieux comprendre comment ces dynamiques de compétences et de reconnaissance se réalisent dans le contexte professionnel, en lien avec l'usage des TIC, j'ai abordé l'intégration sociale du point de vue de la théorie du capital social (Chaker, 2020). Nous avons ici étudié comment les capitaux sociaux structurel, cognitif et relationnel, à l'aide de composants clés théorisés, peuvent être prédits par les compétences numériques. L'avancée massive des technologies de l'information et de la communication dans tous les secteurs des organisations humaines (professionnelles, institutionnelles, éducatives), a modifié les relations entre ses membres (Kallinikos, 2007). Ce faisant, de nouvelles compétences sont nécessaires pour intégrer de nouveaux réseaux professionnels et faciliter la mobilité professionnelle et la construction de projets (Boltanski et Chiapello, 1999 ; Helsper et Van Deursen, 2015).

Ces dernières considérations intègrent désormais les objets d'étude de la sociologie du travail, de l'analyse du travail professionnel, ainsi que de la didactique professionnelle (Pastré, Mayen et Vergnaud, 2006). D'un point de vue plus large, les anglo-saxons ont structuré le champ de recherche des *workplace studies* (Plowman, Rogers et Ramage, 1995). Plus spécifiquement, avec l'intensification de l'informatisation de l'environnement de travail, l'émergence de ce concept fut consubstantielle de l'analyse des effets de l'intégration des outils numériques sur les interactions sociales sur le lieu de travail (Heath, Knoblauch et Luff, 2000) et, par extension, sur l'agir communicationnel. Ces auteurs ont avancé au tout début du XXème siècle que : « malgré l'importante littérature consacrée à la façon dont les médias numériques transforment la société contemporaine et la vie institutionnelle, nous avons relativement peu de compréhension sur la manière dont les nouvelles technologies s'intègrent dans la conduite et l'interaction organisationnelles d'aujourd'hui. Il existe cependant un corpus croissant de recherches empiriques qui placent le caractère situé et contingent des nouvelles technologies au cœur de l'agenda analytique, mais ces travaux sont encore relativement peu connus au sein de la sociologie » (Heath, Knoblauch et Luff, 2000, p. 299). Dans cette même perspective, Weber (1921/2003) avait notamment montré que le document (écrit) a radicalement modifié le fonctionnement des organisations et directement contribué à l'émergence des formes modernes de bureaucratie. De la même manière, il peut être légitime de proposer que la forme digitalisée (donc dématérialisée) de ce document peut, à son tour, conduire à modifier les rapports sociaux à l'intérieur des organisations, ainsi que le mode de fonctionnement de ces organisations elles-

mêmes. Nous pensons évidemment aux environnements numérique de travail ou à l'enseignement à distance, mais également aux formes récentes de *trading* (comme le *trading* à haute-fréquence permis par des algorithmes et des machines de calculs de plus en plus performantes), ainsi qu'au phénomène d'« ubérisation » ou de « capitalisme de plateforme » (Srnicsek, 2018 ; Durand, 2020). Si ces deux derniers exemples sont rendus possibles par le mode de régulation de l'économie liée aux technologies numériques (voir « Code et autres lois du cyberspace » de Lessig, 2009), ou plutôt de faible régulation, c'est la crise du COVID-19, comme contingence macrologique, qui fut également un accélérateur, d'un côté, du passage à distance ou en hybridation des enseignements scolaires et à l'université, et de l'autre côté, de la modalité de télétravail, surtout pour les employés du tertiaire, voire pour les « travailleurs du savoir » (Waldbillig, 2020), c'est-à-dire les travailleurs qui utilisent majoritairement des connaissances théoriques et abstraites pour effectuer leur travail (Maitland et Thomson, 2014). Si l'école et l'université ont mis en place ces solutions en urgence, certains usages se sont stabilisés dans le temps, comme l'hybridation des formations dans l'enseignement supérieur, et une plus large adoption du télétravail (Berberat, Rosat et Kouadio, 2021).

Ces événements montrent qu'au-delà de la transformation des organisations par les outils de travail, il est nécessaire de les situer non uniquement localement, mais aussi dans le temps, en prenant en compte des facteurs exogènes contingents comme la survenance d'une pandémie, les phénomènes d'intégration et d'adoption de ces outils dans le fonctionnement de ces organisations. La stabilisation des pratiques dépendrait donc également, et en partie, d'effets spirales tels que les dynamiques historiques transcendant les situations particulières. Ce passage du contexte (politique, économique, historique) à la situation (organisationnelle, technique, professionnelle), devrait intégrer le champ de recherche plus large des *workplace studies*, afin de mieux appréhender les phénomènes d'appropriation des outils de travail ou d'enseignement, ou pour reprendre les termes de Heath, Knoblauch et Luff (2000), « le caractère situé et contingent des nouvelles technologies ». Dans cette perspective, Suchman (1987) dans son ouvrage *Plans and Situated Actions*, a participé de manière significative à l'émergence du champ de recherche des *workplace studies*, en proposant d'étudier les interactions homme-machine (IHM) à travers l'observation et l'analyse « naturelles » (ou *in the wild*) des technologies et de l'action sociale (Suchman, 1987, 1995, 2002). Elle met l'accent sur les points aveugles de l'approche cognitive des IHM, notamment les contingences en situation, liées aux contextes généraux et particuliers d'exécution de pratiques (instrumentées, notamment). Par ailleurs, elle montre comment la sémiotique liée aux plans, scripts, règles et

scénarios d'usage, dépend des circonstances dans lesquelles ils sont invoqués. Cet ensemble de prescrits ne détermine pas la conduite du sujet, mais fournit plutôt des ressources que les sujets peuvent mobiliser pour organiser leurs conduites et interpréter celle des autres : ils agissent comme des **référentiels externes à l'action**, ou de ressources externes (Sen, 1985). Ces ressources intègrent l'écosystème général de l'activité instrumentée – constituant l'environnement – dans un couplage sujet-outils-activité-environnement. Cette approche analytique de l'activité prend une forme « naturelle » et sociale, puisqu'elle est désormais située, mais aussi distribuée dans cet environnement. Cette approche de la cognition située et/ou distribuée étudie comment le sujet se comporte, puis apprend, dans une dynamique d'interdépendance avec cet environnement (voir **Partie II, p. 45**). Il va ainsi apprendre, de, avec, et dans certains cas, malgré cet environnement (comme dans Eitel, Endres et Renkl, 2020, avec les problèmes posés par de mauvaises conceptions d'environnements numériques éducatifs, et leurs effets négatifs potentiels sur la charge cognitive extrinsèque puis l'apprentissage).

Les ressources que les sujets peuvent mobiliser dans une organisation, dans le cadre de conduites de projets professionnels, constituent également différents types de capitaux sociaux. Le capital social est un ensemble de ressources que le sujet peut transformer en capital économique pour Bourdieu (1986), Coleman (1990) et Lin, Cook et Burt (2001), il s'agit de la valeur collective de tous les réseaux sociaux de l'individu pour Putnam (2000), et d'un modèle à trois dimensions (capital cognitif, structurel et relationnel) pour Nahapiet et Ghoshal (1998). Le capital social comprend des aspects du contexte social d'une entreprise tels que l'interaction et les liens sociaux (Ortiz, Donate et Guadamillas, 2018), qui font référence au capital social structurel tel que défini par Nahapiet et Ghoshal (1998). Les deux autres dimensions définies par les auteurs sont le capital social relationnel (relations de confiance, normes et obligations partagées) et le capital social cognitif : « identification des valeurs partagées et des hypothèses communes développées par les membres (agents) d'un réseau qui se manifestent au niveau individuel au niveau du groupe » (Nahapiet et Ghoshal, 1998). Selon Bourdieu (1979), les compétences pratiques sont une forme de savoir qui peut en théorie être convertie en capital social. En conséquence, les compétences pratiques et la performance personnelle peuvent être considérées comme des moyens d'améliorer sa position dans son réseau social (Blasius et Friedrichs, 2003). Cette logique s'applique également aux compétences numériques. Dans une de mes études (Chaker, 2020), je montre que les compétences numériques doivent faire l'objet de reconnaissances sociale et professionnelle sur le lieu de travail *via* les interactions

socioprofessionnelles du quotidien. Ces dernières jouent ainsi le rôle de variable médiatrice entre les compétences numériques et le développement du réseau de connaissances sociales et professionnelles de l'individu, intra et extra-organisationnel (Figure 1).

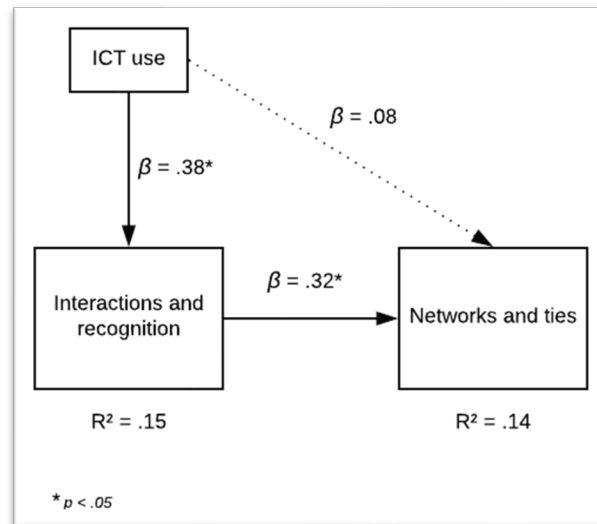


Figure 1. Usage des TIC, reconnaissance et capital social, tiré de Chaker (2020).

Si le capital social peut être mobilisé comme une ressource pour l'individu (en vue de transformer ce capital symbolique en capital économique, à la suite de Bourdieu, 1989, ou Coleman, 1990, mais aussi de Sen, 1985), ce type de recherche permet de proposer une modélisation théorique dynamique du capital social comprenant une dimension de ressources, à partir de laquelle l'individu peut développer son capital social structurel et relationnel, mais aussi être le résultat direct de compétences techniques que l'individu peut valoriser et faire reconnaître sur le lieu de travail via les interactions sociales. Une partie du capital social serait donc intimement lié la reconnaissance mutuelle entre les personnes (via le partage de normes, de confiance et de valeurs), et ne pourrait par la suite être mobilisé comme ressource sans ce passage obligé. La reconnaissance intersubjective de chacun ne peut être qu'un « processus intersubjectif de reconnaissance mutuelle » (Honneth, 2006, p.32), et de « relation de connaissance réciproque » (p. 33, cité par Langar, 2018). Ce n'est que dans la mesure où elles sont reconnues par les autres que les capacités et les qualités d'un sujet deviennent pleinement les siennes, qu'il existe pleinement à travers elles (Langar, 2018). Dans ce cas, la sanction sociale serait nécessaire, avant de pouvoir, via la reconnaissance, transformer le capital social cognitif en capital social relationnel et structurel.

Le transfert de connaissances serait un niveau méso comprenant des niveaux micro (Ben Hador, 2017) : les relations sociales (niveau méso) se produisent du niveau micro (individuel) au

niveau macro (sociétal). Les compétences numériques ne relèvent pas seulement de la communication médiatisée par la technologie entre les membres d'une organisation (et les personnes extérieures à l'organisation), il s'agit également de la manière dont l'usage des TIC développe des compétences qui conduisent à une meilleure reconnaissance professionnelle, qui à son tour contribue au capital social professionnel comme dans sa dimension cognitive. La réciprocité du capital social a également été abordée par Steinfield et al. (2009) en des termes transactionnels : « la réciprocité implique que les personnes obtiennent des bénéfices du réseau et redonnent au réseau ». Nous proposons que le capital social soit considéré comme une ressource du moment qu'elle est reconnue par les membres d'un groupe social, donc un bien culturel partagé, pour que l'individu puisse le mobiliser dans un but de développement professionnel et social. Il faut donc que cette ressource soit signifiante et disponible au niveau collectif (par exemple au niveau d'une équipe de travail, ou d'un groupe de participants à une même activité), c'est-à-dire au niveau d'un système cognitif socialement distribué.

Les compétences numériques jouent le rôle de capital social nécessaire pour transformer le capital culturel (dans notre cas les TIC comme capital culturel, comme dans Tondeur et al. 2010) et les compétences pratiques en capital économique (Blasius et Friedrichs, 2003). Comme le notent Granjon et Lelong (2006), « la notion de capital social a la particularité d'articuler deux ordres de la réalité sociale, les liens interpersonnels et la stratification, habituellement travaillés par des recherches disjointes » (p. 149). Dans Chaker (2020), je montre que le capital social peut être modélisé par une logique instrumentale, complétant la triade classique : capital social cognitif, relationnel et structurel, qui sont des entités différentes mais entrelacées. Le capital social constituerait ainsi un ensemble dispositionnel (sur les dispositions individuelles voir **Partie III, p. 144**), qui nécessite une actualisation de ce potentiel (sous forme d'insertion sociale et professionnelle) via des formes de reconnaissances et de liens sociaux.

2. Du contexte social à la situation éducative : essai de compréhension de l'articulation des dynamiques culturelles et cognitives (Macro -> Méso)

2.1. L'apprenant en ligne à la croisée de contingences plurielles

L'information, dans un contexte général d'apprentissage numérique et réticulaire, est désordonnée, souvent éphémère, et parfois faite de schémas et de profusion (Jaillet, 2014) ; ce qui peut poser un défi pour l'apprentissage formel ou non-formel face à un accès massif et

ouvert aux savoirs¹⁸. Les MOOC s'inscrivent dans ce contexte, avec de fortes attritions observées continuellement chez les inscrits¹⁹. C'est ce que Clow (2013) nomme « l'entonnoir de participation » : à mesure que le MOOC suit son cours, le nombre d'inscrits s'amenuise, jusqu'à se réduire à un léger pourcentage des effectifs de départ qui valident le cours et obtiennent la certification. L'étude de Guo et Reinecke (2014) montre, qu'en moyenne, les lauréats des certificats consultent moins de 22% des séquences d'apprentissage, une fraction mineure du contenu proposé. Nous avons enquêté (Bachelet et Chaker, 2017) sur le comportement organisationnel d'inscrits au MOOC Gestion de Projet (GdP) (sur quatre sessions différentes) proposé par Centrale Lille. Nous cherchions à savoir comment les apprenants organisent leurs temps d'apprentissage, autrement dit : est-ce la modalité du MOOC (scénario, temporalité, jalons, livrables, c'est-à-dire un niveau méso) qui influence le comportement des inscrits, ou bien sont-ils soumis à des contingences professionnelles et personnelles (niveau macro, lié au contexte social général) ? Les données montrent une régularité temporelle journalière et hebdomadaire, depuis le MOOC GdP5 au MOOC GdP8, en termes de volume de connexions. Sur les quatre éditions du MOOC observées, nous constatons les mêmes comportements de connexion de la part des inscrits. Nous observons aussi des pics de connexion, correspondant pour chaque édition à la session en direct de Q&R sur YouTube (mercredi soir pour les éditions 5 et 6, et jeudi soir pour les éditions 7 et 8). Systématiquement, une hausse des connexions se produit jusqu'au jour du direct, suivie par une baisse des connexions, jusqu'au pic du dimanche soir, qui correspond au rendu d'un livrable. Il y aurait donc une typologie hebdomadaire d'activité : 1- jour de lancement (chaque lundi) ; 2- jours « normaux » ; 3- jour de direct ; 4- jour de rendu de devoir (Figure 2).

¹⁸ Le connectivisme (Siemens, 2005 et Downes, 2012) tente une approche compréhensive des apprentissages dans la société connexionniste (Boltanski et Chiapello, 1999). Le connectivisme, en se basant notamment sur les théories de l'activité, propose d'aborder les connaissances et les compétences en prenant en compte les interconnexions multiples auxquelles sont soumis les apprenants aujourd'hui : les réseaux locaux, sociaux, de communautés d'intérêt et de partage, etc.

¹⁹ Les études de Jordan (2013, 2015, 2020) sur des milliers d'inscrits à des centaines de MOOC montrent systématiquement des taux de complétion (obtention du certificat) assez bas (entre 6 et 10%).

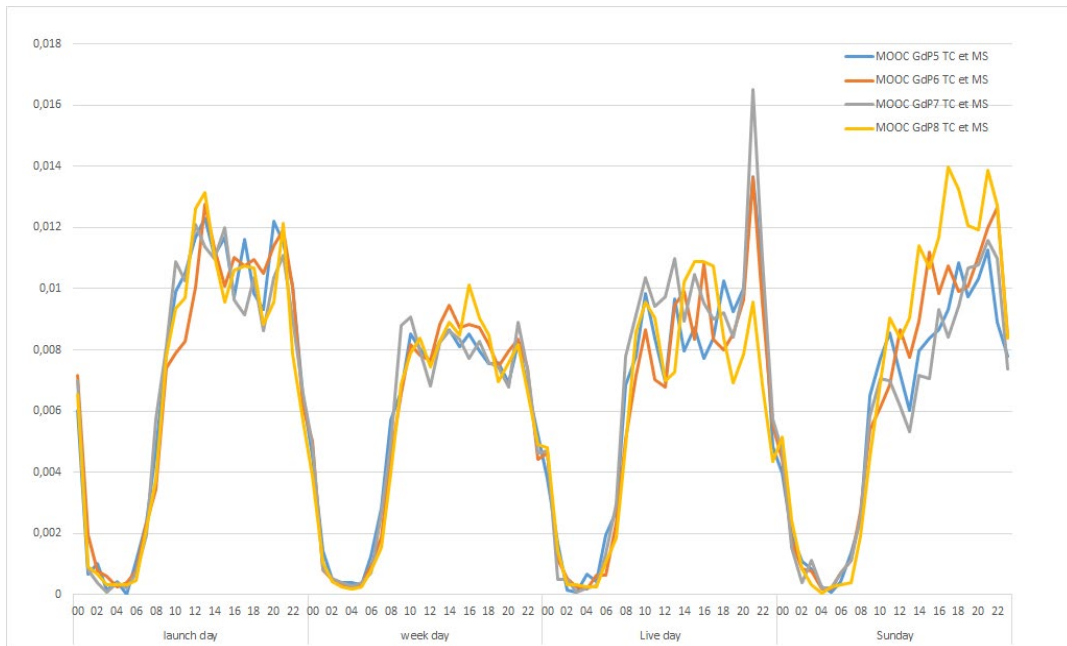


Figure 2. Quatre types de motifs journaliers réguliers sur quatre éditions successives du MOOC GdP (tiré de Bachelet et Chaker, 2017).

Ces résultats mettent en évidence une régularité dans le comportement des inscrits, en lien avec le scénario prévu dans l'ingénierie pédagogique du MOOC en question. Néanmoins, quel que soit le type de jour, nous observons un pic de connexion à 21h (le « 9:00 PM effect ») :

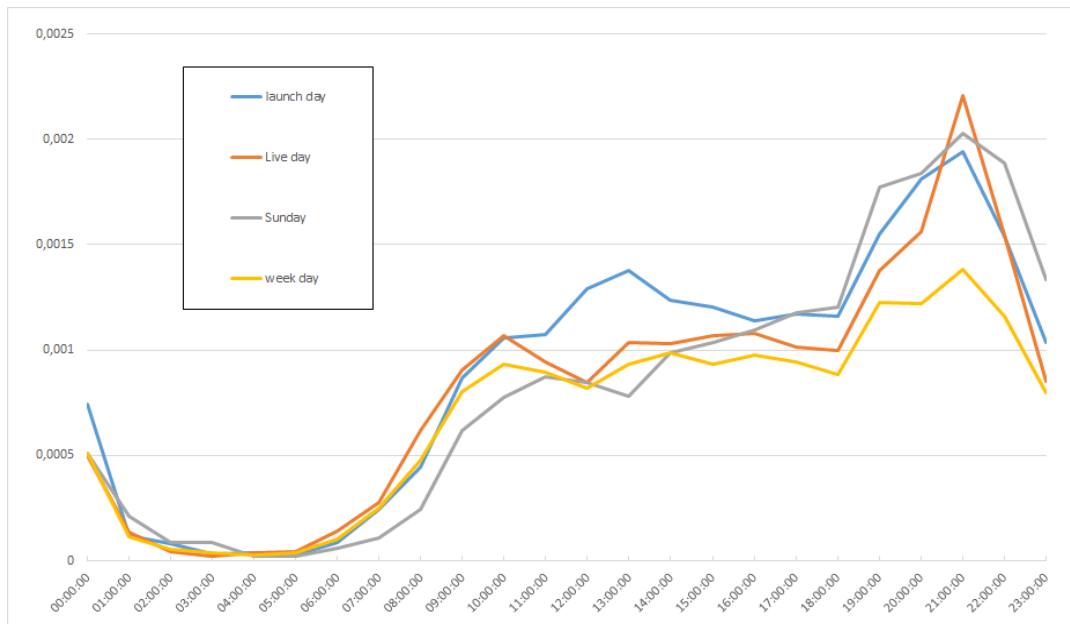


Figure 3. Densités longitudinales de connexions : l'effet 9:00 PM, réguliers sur quatre éditions successives du MOOC GdP (tiré de Bachelet et Chaker, 2017).

Nous notons, même les jours « normaux », lorsque la fréquence de connexion est moins importante que les autres jours, une dynamique commune : une hausse durant la matinée, suivie d'un plateau jusqu'à 18h, suivie d'une hausse et d'un pic entre 20h et 21h, suivies d'une forte

baisse (fort dénivelé) à partir de 21h jusqu'au petit matin.

Ainsi, coexisteraient deux phénomènes concomitants exerçant un effet sur le comportement organisationnel des inscrits au MOOC : un effet de l'organisation pédagogique du MOOC (contraintes du scénario, temporalité imposée, durée des activités : le niveau méso), et un effet dû au rythme personnel (et professionnel) du participant (niveau macro, puisque soumis aux modes de fonctionnement social et professionnel généraux dans le contexte social et économique plus large). Ce résultat corrobore de précédentes conclusions sur l'effet des plateformes numériques sur les comportements sociaux (Chaker, 2017) : si les concepteurs du MOOC imposent de suivre un rythme pensé de manière pédagogique et pratique, il ne crée pas de « nouveaux comportements », ou de nouveaux rythmes à part entière, non connectés à la réalité personnelle et professionnelle. Les comportements sur cette plateforme d'enseignement à distance sont articulés avec des comportements organisationnels existants, et, lorsque cela est possible, les individus opèrent à une inter-adaptation des deux familles de rythmes (éducatifs et professionnels/personnels), autrement dit, nous assistons ici aussi à un **alignement** entre les deux réalités sociales, produisant différents pics de participation ; encore faut-il un degré de flexibilité du MOOC. Par exemple, même si le direct a été pensé en fonction des contraintes existantes (21h), il n'a fait qu'accentuer une temporalité déjà là, comme en attestent les pics relatifs des jours « normaux » et du dimanche, où les livrables sont surtout déposés le soir (Figure 2).

2.2. L'apprenant en ligne et le contexte culturel

Nous avons étudié le comportement des apprenants dans le MOOC GdP (notes et persévérance) selon une série de variables : âge, éducation, statut socio-professionnel, zone géographique, sexe, auditeurs libres *vs.* cohortes académiques et l'intention d'apprentissage (Chaker et Bachelet, 2020) dans l'espace culturel francophone (France et pays européens francophones, Caraïbes, Afrique du Nord, Afrique centrale et de l'ouest). Les résultats obtenus montrent les plus grands écarts dans la réussite au MOOC entre 1) les institutions partenaires et les étudiants auto-inscrits ; 2) l'Europe et les pays à revenu faible et intermédiaire, l'examen final étant le plus grand obstacle ; 3) le temps disponible (pas d'activité professionnelle).

Il semble que les MOOC n'aient pas répondu aux attentes initiales. Pour Reich (2020), les MOOC ont été accompagnés dès leur apparition de promesses, ou de paris, qui sont essentiellement au nombre de trois :

- 1- « Les MOOC vont transformer la manière de dispenser les cours dans l'enseignement supérieur ». Les années 2012-2013 ont été témoins d'annonciateurs de mort certaine pour la forme académique classique, voire de l'université telle qu'on la connaît.
- 2- « Les MOOC vont généraliser l'accès global à l'enseignement supérieur ». L'idée était effectivement de pouvoir proposer aux étudiants du monde entier des enseignements et des contenus pédagogiques provenant des meilleures universités (occidentales). Cela permettrait à différentes populations de bénéficier à prix réduit d'unités d'enseignement d'universités « prestigieuses », mais aussi aux personnes en emploi, qui pourraient profiter de la flexibilité du format.
- 3- « A travers la recherche et les nombreuses itérations, ces cours en ligne vont pouvoir proposer des expériences d'apprentissage plus engageantes et plus efficaces à toutes ces populations ». Autrement dit, on allait passer d'un paradigme scientifique d'apprentissages basés sur des hypothèses, à un paradigme d'apprentissages basés sur les données d'apprentissage (*learning analytics*), dites « probantes ».

Aucun de ces paris n'a réellement abouti. En effet, d'après Reich (2020), plutôt que de transformer l'enseignement supérieur, les MOOC ont été au contraire absorbés par la forme académique et les systèmes d'enseignement supérieur déjà existants. Plus exactement, la modalité MOOC n'a pas bénéficié de la même manière à toutes les populations. Le format ouvert et en ligne a surtout profité aux jeunes apprenants déjà scolarisés, basés dans les pays à revenus élevés (Christensen et al., 2014 ; Emanuel, 2013 ; Zhenghao et al., 2015) et n'est pas aussi diversifié que prévu²⁰ (Albelbisi, Yusop, et Salleh, 2018) (*educated few*, Kizilcec et al., 2017).

Dans l'ensemble, les recherches sur les MOOC dans les pays en développement (à revenu faible ou intermédiaire) et sur l'engagement²¹ et l'interaction des apprenants au sein de cohortes d'apprenants culturellement et linguistiquement diverses sont limitées (Launois et al., 2019).

²⁰ Même aux États-Unis, Jansen et Reich (2015) ont montré que les MOOC accentuent la fracture numérique entre les classes sociales, plutôt que de la réduire, cette réalité étant encore plus aiguë en Afrique (Noukakis, Escher et Aebischer, 2016). Plus spécifiquement, Garrido et ses collègues (2016) ont suggéré que les MOOC dans les zones géographiques en développement sont utilisés pour acquérir des compétences professionnelles spécifiques et une certification professionnelle, mais ces inscrits sont moins susceptibles de terminer les cours que les participants occidentaux. Ainsi, dans certains cas, des modules sont complétés pour acquérir des compétences professionnelles spécifiques, sans parcourir le MOOC dans sa totalité, ce qui est souvent le cas des participants africains (Noukakis, Escher et Aebischer, 2016).

²¹ L'engagement des étudiants est devenu un point central dans les efforts visant à améliorer l'enseignement et l'apprentissage. Par exemple, selon le Glossaire de la Réforme de l'Éducation (2016) publié par le gouvernement américain, l'engagement des étudiants « fait référence au degré d'attention, de curiosité, d'intérêt, d'optimisme et de passion que les étudiants manifestent lorsqu'ils apprennent ou sont enseignés, ce qui se traduit par leur niveau de motivation à apprendre et à progresser dans leur éducation » (cité par Groccia, 2018, p. 13).

Néanmoins, une partie des recherches met l'accent sur l'importance du contexte et de l'environnement pour l'engagement et la participation des professionnels en ligne (Murugesan, Nobes et Wild, 2017 ; Launois et al., 2019).

Les MOOC pour le développement professionnel attirent un large panel d'apprenants ayant des dispositions d'apprentissage diverses (Milligan, Littlejohn et Margaryan, 2013). De nombreuses questions sont néanmoins soulevées dans le domaine de la formation professionnelle : le besoin des professionnels d'autoréguler leur formation en ligne ; l'importance de mettre l'accent sur l'interrelation entre les connaissances et les compétences professionnelles en contexte (Milligan et Littlejohn, 2014 ; Mori et Ractliffe, 2016). Un parcours ou un programme de formation à distance, *a fortiori* à visée internationale, devrait donc tenir compte du rôle de contexte culturel des participants dans leur processus d'apprentissage, en particulier pour les pays à revenu faible et intermédiaire où l'accès à la technologie et les fortes disparités d'utilisation peuvent constituer des obstacles (Liyanagunawardena, Williams et Adams, 2013). Les concepteurs des MOOC auraient tendance à s'adosser culturellement à leur propre contexte socioculturel et professionnel, comme référentiel culturel, dans leur processus de conceptions pédagogiques, sans chercher à s'aligner avec un public-cible international hétérogène²². Le manque de contenus locaux et contextualisés dans les MOOC, et dans les formations en ligne en général, a été souligné dans de nombreuses études²³ (Richter et McPherson, 2012 ; Rohs et Ganz, 2015 ; King, Luan, et Lopes, 2018 ; King, Pegrum, et Forsey, 2018 ; Launois et al., 2019, entre autres).

2.3. Des apprenants en lignes et des comportements situés dans un contexte social et culturel

En regardant de plus près le phénomène d'attrition élevé observé dans les MOOC, on comprend qu'il s'agit d'une question plus complexe qui va au-delà du simple décompte des apprenants qui « décrochent ». Habituellement, les fameux faibles taux de succès dans les MOOC qui sont

²² Une étude (Ruipérez-Valiente, Halawa et Reich, 2019) portant sur les inscrits arabes à des MOOC arabes, montre que l'attrition est plus forte dans un MOOC en langue arabe sur le portail *edX*, que dans un MOOC en langue arabe proposé par le portail jordanien *Edraak*. Cette étude montre que les apprenants arabes inscrits à cette plateforme comptent davantage d'individus avec un niveau d'éducation peu élevé et de meilleurs taux de réussite comparé aux inscrits Arabes sur la plateforme *edX*. Les auteurs proposent quelques pistes d'explication : sur *Edraak*, les enseignants proviennent d'universités Arabes, les cours sont davantage ciblés sur des besoins locaux et le format ergonomique, contrairement à l'ergonomie de la plateforme *edX* qui est adapté au sens d'écriture de l'arabe qui est de droite à gauche.

²³ La fracture numérique concerne ainsi non seulement l'accès mais aussi l'usage (Zillien et Hargittai, 2009). Liyanagunawardena, Williams et Adams (2013) notent que même lorsqu'il y a un accès à une bonne connectivité Internet, de faibles compétences en littératie numérique constituent un obstacle.

rapportés prennent en compte la totalité des inscrits, qui sont souvent de l'ordre de plusieurs milliers. Or, contrairement à la forme universitaire classique, le « coût » d'inscription à un MOOC classique n'est que d'un « clic » et ne nécessite pas de démarches administratives. Le volume des inscrits comprendrait alors autant de personnes curieuses, que de personnes réellement intéressées de compléter le MOOC. Ainsi, ne pas considérer les raisons pour lesquelles les personnes s'inscrivent à un cours ouvert, massif et gratuit (du moins jusqu'à la certification), constitue un biais significatif dans les calculs classiques de l'attrition (ou du « décrochage ») dans les MOOC.

Ces derniers constituent un environnement d'apprentissage ouvert²⁴ aux contingences individuelles : chacun peut venir chercher les contenus d'apprentissage qu'il souhaite. Koller et al. (2013) montrent que « la facilité d'abandon dans les MOOC peut être considérée comme une opportunité d'exploration sans risque » (p. 14). Comme ces cours sont souvent gratuits et affichent de faibles exigences d'engagement, « les étudiants ont tendance à fixer leurs propres exigences de participation » (Stewart, 2013), et qualifier de réussite le fait d'acquérir ce qu'ils sont venus chercher, sans pour autant la formaliser via la certification. Il est ainsi possible de caractériser de différentes manières ce que l'on nomme l'« engagement » en FOAD (formation ouverte et/ou à distance) : Jaillet (2005) prend par exemple en compte trois facteurs (pour constituer le « triplet d'activité », qui agit comme « censeur du niveau d'activité de l'étudiant », par. 30) : l'assiduité (le nombre de connexions par rapport au maximum individuel observé), la disponibilité (la durée de connexion) et l'implication (l'accomplissement des activités sur la plate-forme).

Dans nos études sur le phénomène d'abandon (*dropout*), nous avons choisi de calculer un taux (*dropout rate*) contextualisé, c'est-à-dire prenant en compte l'intention pédagogique et la participation effective aux évaluations hebdomadaires (Chaker et Bachelet, 2020 ; Chaker, Bouchet et Bachelet, 2022). Il ne s'agit donc pas de décrocheurs qui ne se sont même pas engagés dans le cours en ligne, c'est-à-dire qui se sont inscrits mais qui n'ont jamais accédé au cours (les *no show*), mais d'apprenants qui ont démontré un niveau d'engagement minimum (comme la participation aux premières évaluations). Nous avons ainsi calculé non pas un taux

²⁴ « Un dispositif est l'ensemble des mesures, organisations, structures et moyens mis en œuvre dans un but déterminé. Dans le cas de la pédagogie, un dispositif est l'ensemble du système organisé pour l'accueil d'apprenants ainsi que les modalités pratiques ou les conditions qui vont être proposées, pour une action d'enseignement ou d'accompagnement dont les objectifs sont préalablement définis. » (Doucey et Goi, 2023, p. 75). La formation ouverte et/ou à distance (FOAD) est un dispositif de formation organisé et flexible, souple en termes de temps, de lieu d'apprentissage et d'action à mettre en œuvre (Savarieau, 2023).

d'abandon, mais un score de décrochage, qui est constitué par le *delta* entre l'intention de valider le cours en ligne jusqu'à la certification, et la participation effective aux évaluations afin d'actualiser cette intention de départ. Le score de décrochage que nous avons créé est ainsi situé, puisqu'il prend en compte les facteurs contextualisés du décrochage. Les résultats obtenus montrent que les participants basés en France et dans les pays européens francophones persistent dans le MOOC significativement plus que les participants des pays en développement francophones. Ces résultats corroborent les conclusions de l'étude de Kizilcec et al. (2017) : la validation des MOOC est plus élevée en moyenne dans les pays développés industriellement.

Cependant, au contraire de recherches précédentes analysant le lien entre niveau d'éducation et persistance dans les MOOC (Breslow et al., 2013 ; Morris et al., 2015), nous ne trouvons pas de lien significatif entre le diplôme et le score de décrochage. Une des hypothèses explicatives est que notre évaluation du phénomène de décrochage est contextualisée en fonction des intentions de départ et la participation effective aux évaluations. Il est, en revanche, constaté un lien significatif entre la catégorie socioprofessionnelle (CSP) et le décrochage. Plus précisément, la disponibilité temporelle (des cadres, des demandeurs d'emploi et des étudiants) est un facteur de persistance (et de réussite) dans les MOOC (Morris et al., 2015). Il semble que les facteurs sociaux (ici le CSP) sont plus significatifs pour déterminer la réussite et le décrochage dans les MOOC que la contextualisation de ceux-ci en fonction des intentions pédagogiques de départ. Il y aurait ainsi une perspective située de différentes échelles (ou niveaux) : le niveau local (les intentions de départ) et le niveau général (la CSP). Adopter une perspective *située* ne prédirait pas une meilleure compréhension de la situation d'apprentissage en question, il peut s'agir effectivement d'une *situativité*²⁵ plus générale, comme la situation des sujets dans l'espace social, ou encore la situation sociale, déterminant les conditions et dispositions sociales à réussir son apprentissage. Dans cette perspective, l'allocation effective du temps (donc les conditions matérielles et temporelles) constitue un facteur déterminant dans la réussite, au contraire du niveau d'éducation, alors que l'on prend en compte dans les deux cas l'intention pédagogique de départ.

La méthode CHAID²⁶ permet de déterminer les caractéristiques les plus discriminantes des

²⁵ Il s'agit de la traduction du terme anglais *situatedness*, à la suite de l'approche située de Lave et Wenger (1991), qui met l'accent sur l'enculturation (*embeddedness*) et l'ancrage pratique des processus d'apprentissage.

²⁶ Le *Chi-square Automatic Interaction Detection* est une des différentes méthodes d'analyses en arbres décisionnels, utilisés dans la fouille des données éducatives (*Educational Data Mining – EDM*)

inscrits les plus performants²⁷. Quatre nœuds (*nodes*) se dégagent. Les résultats montrent que le principal facteur discriminant pour la réussite à l'examen final est la variable géographique : les participants des pays en développement francophones (PDF) (nœud 1) ont des scores de réussite moins élevés que les participants des pays francophones industrialisés (PFI) (nœud 2). Ce dernier comprend un 3^{ème} nœud, où les demandeurs d'emploi, les cadres et les étudiants obtiennent un score final moyen plus élevé que les employés, les professionnels intermédiaires, les personnes non actives, les gérants d'entreprise, et ouvriers (nœud 4). Il n'y a pas de subdivisions nodales au sein des PDF. Quant au taux de décrochage, la même analyse ne produit que deux nœuds : les deux modalités d'origine géographique (PFI/PDF) sans sous-échantillon significatif.

Le plus grand écart en termes de performance et de persistance au MOOC, se produit entre les apprenants européens et ceux des pays à revenus faibles et intermédiaires. Le contexte macrosociologique et culturel constitue statistiquement un facteur discriminant, que cela soit dans la réussite, dans la prévision de la réussite, ou dans le phénomène de décrochage. L'allocation du temps apparaît aussi comme étant un facteur déterminant pour les pays du Nord, mais pas pour les pays du Sud, en ce qui concerne la réussite au MOOC. Les participants les moins performants dans les pays industrialisés (les employés, les professionnels intermédiaires, les personnes non actives, les propriétaires d'entreprise, et ouvriers) restent davantage performants que les participants des pays en voie de développement pris dans leur ensemble. Cette étude permet de proposer une hiérarchie parmi les facteurs sociodémographiques, au niveau du contexte macro : l'origine géographique et culturelle est davantage significative pour prédire la réussite au MOOC GdP que les CSP des participants. Ces facteurs contextuels peuvent relever des conditions matérielles des participants (accès au numérique, coût des équipements, type d'appareil utilisé, conditions environnementales d'étude, etc.), des dispositions à étudier (conditions familiales, contexte personnel, contexte professionnel, gestion du temps, stratégies de régulation de l'apprentissage, etc.), ou des facteurs liés aux contenus proposés, qui sont conçus dans des environnements culturels différents, c'est-à-dire des référentiels culturels différents.

²⁷ « Un arbre CHAID est un arbre de décision construit en divisant à plusieurs reprises des sous-ensembles en deux nœuds enfants ou plus, en commençant par l'ensemble de données complet. Pour déterminer la meilleure division à chaque nœud, toute paire admissible de catégories des variables prédictives est fusionnée jusqu'à ce qu'il n'y ait aucune différence statistiquement significative au sein de la paire par rapport à la variable cible (Magidson, 1993, Ture et al., 2009). Le processus est répété jusqu'à ce qu'aucune paire insignifiante ne soit trouvée. De plus, l'algorithme CHAID effectue des divisions à plusieurs voies en utilisant le test du chi-carré pour les variables cibles discrètes et le test F pour les variables cibles continues (Magidson, 1993) » (Cha et al., 2017, p. 377).

Dans une autre étude sur le MOOC GdP, nous montrons que la réussite dépend de variables telles que le genre, le niveau d'étude, la catégorie socio-professionnelle (CSP), le fait d'être en emploi ou non, ainsi que les horaires de travail (Njingang et Chaker, 2022). Concernant le niveau d'éducation, nous avons trouvé que ceux qui réussissaient le mieux étaient les détenteurs d'un Master ou d'un doctorat, puis venaient les autres diplômes (Licence et en deçà) dans le désordre par rapport au niveau d'étude. Concernant la CSP, nous avons trouvé que les personnes en recherche d'emploi ont une meilleure réussite que toutes les personnes en emploi toutes catégories confondues.

Un résultat qui a particulièrement attiré notre attention est la dimension temporelle. Parmi les personnes en emploi, les travailleurs qui ont des journées courtes réussissent mieux que celles avec des journées plus longues. De plus, parmi les actifs, les cadres réussissent mieux que les autres employés. La temporalité peut être considérée comme un facteur structurel (Bachelet et Chaker, 2017) : terminer sa journée de travail plus tôt et la débiter plus tard permettrait une meilleure gestion de l'alternance temps de formation/temps privé. De manière générale, nos résultats vérifiant le lien entre les variables démographiques et socioprofessionnelles et la réussite indiquent qu'il existe systématiquement une relation significative. A l'inverse, les variables conatives telles que les objectifs de réussite, d'investissement personnel et de buts de formation, ne sont pas ou peu liées à la réussite. Nos résultats tendent à montrer la prédominance des facteurs externes, en tant qu'autant d'effets distaux sur la réussite dans un dispositif, tels que le statut socioprofessionnel ou le facteur temporel dans la réussite dans un MOOC, plutôt que des facteurs cognitifs ou conatifs liés à des objectifs d'investissement et de réussite.

3. Des dispositions individuelles à la perception et au comportement en situation d'apprentissage (Més0 <-> Micro)

3.1. L'importance de situer les variables : vers des modèles plus explicatifs ?

En reprenant l'idée de situer le phénomène d'abandon dans l'apprentissage en ligne, en le relativisant par rapport aux intentions pédagogiques de départ, nous avons cherché à comprendre si des raisons d'inscription (de niveau micro et situées) peuvent conduire les apprenants à persister dans la formation (Chaker, Bouchet et Bachelet, 2022). Dans leur étude, Kizilcec et Schneider (2015) montrent que certaines intentions d'inscription prédisent les comportements ultérieurs. Par exemple, les intentions sociales telles que « Rencontrer de nouvelles personnes » et « Travailler avec d'autres » prédisent plus de 50% des publications sur le forum, tandis que l'intention « Obtenir un certificat » prédit 80% des devoirs accomplis, mais ne prédit pas spécifiquement l'obtention du certificat (Kizilcec et Schneider, 2015, p. 14). Ces résultats suggèrent de poursuivre les recherches pour explorer d'autres comportements avec lesquels les intentions d'inscription pourraient être liées et, plus spécifiquement, pour vérifier si des liens indirects plus forts pourraient être établis avec les résultats d'apprentissage, en analysant les états psychologiques des participants en tant que variables médiatrices en jeu lors du processus d'apprentissage. Spécifiquement, nous avons tenté de vérifier les intentions sociales à l'origine de l'inscription au MOOC Gestion de Projet. En effet, des études montrent que la sociabilité et l'interactivité perçues dans les MOOC prédisent l'apparition de la présence sociale, et à son tour, l'état de flow²⁸ atteint pendant les activités du MOOC (Zhao et al., 2020 ; Liao, 2006).

Les facteurs individuels (Fellman, Lincke et Jonsson, 2020) et les déterminants contextuels et sociaux (Goglio et Parigi, 2018 ; Bachelet et Chaker, 2017 ; Chaker et Bachelet, 2020 ; Njingang et Chaker, 2022 ; Rizvi et al., 2022) participent à expliquer la non-réussite dans les

²⁸ Le flow est un état psychologique gratifiant d'implication profonde et d'absorption que les individus décrivent lorsqu'ils sont confrontés à une activité stimulante et qu'ils estiment avoir les compétences nécessaires pour y faire face (Peifer et al., 2022). Le concept de flow a été introduit par Csikszentmihalyi en 1975 et est considéré comme une forme d'expérience optimale, conduisant à un état autotélique : s'engager dans une activité pour elle-même (Csikszentmihalyi, 1990). Le cadre théorique du flow décrit une expérience optimale pendant laquelle les individus sont profondément motivés à persévérer dans leurs activités. Certains résultats montrent que les personnes qui éprouvent le flow en ligne sont plus susceptibles d'être motivées à entreprendre des activités supplémentaires et à obtenir des résultats positifs d'apprentissage (Guo et al., 2016 ; Mulik, et al., 2019 ; Zhao, Wang et Sun, 2020), notamment dans les MOOC (Antonaci et al., 2017 ; Zhao et al., 2020).

MOOC. Dans Chaker, Bouchet et Bachelet (2022), nous avons choisi de nous concentrer sur les déterminants du flow (à savoir les intentions d'apprentissage), notamment sociaux, et les résultats d'apprentissage liés (succès dans les MOOC et abandon).

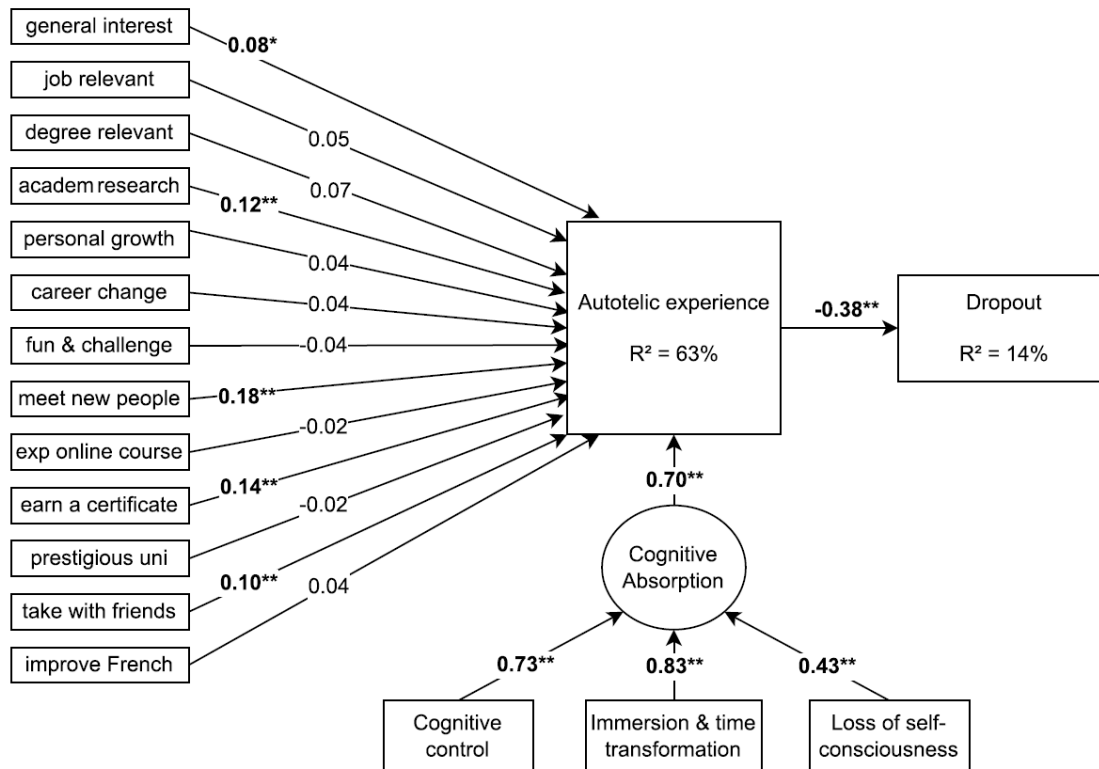


Figure 4. Le flow médie entre les intentions sociales et le taux d'abandon (dropout rate), tiré de Chaker, Bouchet et Bachelet (2022).

Les résultats des analyses (corrélations et modélisations en équations structurelles, voir Figure 4) montrent un effet médiateur du flow entre certaines intentions de départ (dont des intentions de socialisation) et la réussite ($R^2 = 5\%$, contre 3% sans effet médiateur) et l'abandon ($R^2 = 14\%$), alors que sans cet effet médiateur, les intentions expliquent seulement 6% de la variance du taux d'abandon. La question qui subsiste est : comment comprendre les différences de variance expliquée entre l'abandon et la note finale ? Pour fournir des éléments de réponse, nous avons mesuré l'abandon de manière située (le taux de décrochage, *dropout rate*, comme dans Chaker et Bachelet, 2020) en tenant compte de l'intention initiale d'obtenir le certificat, tandis que nous avons utilisé la note finale « brute » pour mesurer la réussite (qui n'intègre pas de dimension située). Cette différence pourrait expliquer l'écart dans les variances expliquées par les modèles entre le score d'abandon et la note finale. D'après nos analyses, le flow prédit plus significativement les phénomènes lorsqu'ils sont situés.

Ayant montré que le capital social dans un MOOC est un facteur modérateur de l'apprentissage

corégulé (Chaker et Impedovo, 2021), suggérant que la dimension sociale peut être un levier sur lequel la conception pédagogique peut s'appuyer pour améliorer les résultats d'apprentissage, le potentiel perçu de sociabilité est un facteur essentiel pour favoriser l'inscription à un MOOC et améliorer l'expérience d'apprentissage (Chaker, Bouchet et Bachelet, 2022). Dit autrement, les concepteurs pédagogiques ainsi que les fournisseurs de MOOC devraient développer davantage des fonctionnalités sociales de l'environnement d'apprentissage (Jaillet, 2014).

3.2. Perception de l'environnement et du scénario pédagogique

Dans Simonian, Chaker et Kaplan (2019), nous articulons le rapport à l'environnement instrumenté et les stratégies d'autorégulation dans un contexte d'enseignement à distance à l'université, dans le cadre du campus FORSE. Les résultats mettent en évidence certains liens entre processus d'autorégulation et type d'affordance lorsque le scénario prescrit peu l'usage des instruments (courriel institutionnel, forum virtuel, etc.). Plus précisément, l'affordance est liée aux stratégies d'autorégulation en cas de non-directivité du tuteur lors de la formalisation de son scénario pédagogique, comme des stratégies de compensation (de manière autodéterminée). Ainsi, l'étudiant est en mesure de puiser dans des ressources cognitives, lorsque la situation demande de faire preuve d'autonomie, afin de compenser un manque de cadrage pédagogique, et de répondre aux objectifs qui lui ont été fixés. Cet espace de liberté, qui aurait pu être perçu comme une zone d'incertitude, a pu être investie par les étudiants afin de peut-être réduire cette dernière, en re-signifiant les outils de leur paysage d'affordances, et ainsi mener à bien les objectifs pédagogiques poursuivis. Les étudiants ont mis en œuvre des stratégies de contrôle, de veille, de prises de décisions individuelles, mais aussi collectives (Kaplan et al., 2017). Les pairs se révèlent alors faire partie du paysage des disponibilités locales en tant que ressources cognitives sociales : l'activité se distribue dans l'environnement social, chaque sujet en coordination avec les autres afin de réussir la tâche prescrite par l'enseignant.

Dans cette même perspective, dans l'articulation des niveaux micro-méso, nous avons analysé la perception par les étudiants de L1 à Lyon 2 du volet distanciel d'un dispositif d'accompagnement (CLEFS) (Polo et Chaker, 2020), sous forme SPOC (Small and Private Open Course). Nous avons cherché à comprendre la perception de ces primo-arrivants des prescriptions et politiques institutionnelles mises en œuvre à leur égard par le biais de ce parcours d'accompagnement. Si les incitations à intégrer le numérique dans l'enseignement supérieur sont multiples, la sociologie des étudiants réussissant à se former à distance appelle à

relativiser leurs impacts en termes de réduction des inégalités d'accès au savoir (Guo et Reinecke, 2014). Cela peut donc paraître paradoxal de proposer un volet d'accompagnement d'étudiants fragiles à distance, d'autant plus que cette posture repose sur un suivi personnalisé rapproché des étudiants, *a priori* incompatible avec la dynamique d'un SPOC. Le parcours CLEFS s'adresse à une minorité d'étudiants nécessitant un soutien pédagogique particulier, correspondant à ce qu'Albero et Kaiser (2009) ont nommé le « modèle soutenu » de FOAD adapté à des apprenants perçus comme peu autonomes²⁹. Au premier semestre, la plateforme utilisée pour le volet distanciel fut Moodle, le temps de finaliser le SPOC sur *edX*, qui fut prêt pour le second semestre. Il ressort des entretiens conduits deux difficultés significatives en termes de compétences numériques, que cela soit pour utiliser Moodle ou simplement pour envoyer un courriel avec le devoir demandé : une faible efficacité personnelle numérique perçue (comme ressources internes) ; un faible niveau d'informations sur l'écosystème numérique institutionnel de l'université (faible perception des disponibilités numériques locales).

Un dispositif techno-pédagogique peut alors être perçu selon deux critères de choix : les motivations initiales, en termes d'attentes vis-à-vis non pas des outils mais de l'institution que l'on intègre (ici l'université) ; et le scénario pédagogique qui va entraîner de la part de l'étudiant une évaluation des outils à disposition en fonction des exigences pédagogiques fixées par l'enseignant. Les motivations initiales procèdent essentiellement du rôle et de la fonction qu'un étudiant peut percevoir de l'université (« apprendre à apprendre » ou attente de solutions « clef en main »), autrement dit, de la **perception internalisée** qu'il en a. Cette perception différenciée du support et de la forme académiques peut trouver ses origines en fonction du milieu socioéconomique des étudiants (Tinajero et al., 2015). Or, ce dernier a tendance à prédire le niveau de « fragilité » académique, pour une population estudiantine plus encline à moins persévérer et à décrocher (Reynolds et Cruise, 2020). Le rôle des outils numériques mis à disposition semble d'autant plus important qu'ils sont perçus par l'étudiant comme faisant partie des « facteurs » de son évaluation de ce que lui « offre » l'université. Comme le montrent les résultats de l'étude de Vayre et al. (2009), l'usage d'Internet chez les étudiants dépend en grande partie d'un soutien social constitué par le soutien émotionnel et l'aide matérielle. Ainsi, l'outil, dans une démarche pédagogique de remédiation, ou d'accompagnement à la réussite,

²⁹ Le parcours CLEFS intègre par exemple la tenue d'un carnet de bord hebdomadaire et le rendu de travaux écrits intermédiaires, prévus comme moyens d'apprendre à anticiper les échéances liées à leurs études et de favoriser la réflexivité. L'état d'esprit est bien, via ce volet « à distance » (15h sur 50h au total), de « se rendre plus présent » dans le quotidien des étudiants.

peut être difficilement évalué uniquement à l'aune des intentions de départ initiales de la part des concepteurs et des enseignants, puisqu'il sera évalué en situation par l'étudiant en fonction de ses attentes et représentations de départ de l'organisation dans laquelle il va évoluer, dans laquelle l'outil est prévu d'être utilisé. Son rapport à l'outil, en termes de maîtrise technique, comprend aussi ses ressources « capitalistiques », au sens sociologique du terme, comme capital culturel. Celui-ci ne peut être transformé en performance académique que s'il bénéficie d'un capital social lui permettant de traduire ces compétences techniques en reconnaissance académique, par le biais de ses performances. Ainsi, un faible capital confiance initial, un projet d'avenir peu clair et un manque de soutien social (y compris de proches extérieurs au dispositif) favorisent l'abandon en formation à distance (Dussarps, 2015). Or, le public visé ici présente généralement les deux premières caractéristiques, certains étudiants ayant de plus un faible capital social du fait d'un déracinement associé à leur entrée à l'université (d'où la pertinence de favoriser leur socialisation étudiante) et le travail de groupe.

3.3. Environnement et scénario : une articulation micro et méso

3.3.1.1. Lien entre configuration spatiale et interactions sociales

Dans Chaker et Njingang (2020 ; 2024), nous cherchons à vérifier le lien entre le triptyque : scénario/outils pédagogiques, configuration spatiale de la classe et interactions (entre élèves et enseignants). Brooks (2012) avance que la performance des élèves aurait un rapport avec le type de configuration de l'espace et les activités réalisées en classe. En effet, les organisations spatiales influenceraient le modèle pédagogique déployé (Jézégou, 2019) par l'enseignant ou encore le comportement d'apprenants en cours d'activité de classe (Brooks, 2011 ; 2012). Dit autrement, « l'espace exerce une influence liée à la situation sur les activités et expériences humaines au fur et à mesure de leur adoption et ressenties dans les environnements » (Amadeo, Golledge et Stimson, 2008). Ces auteurs montrent que si l'on essaie de réaliser la même tâche dans les limites de différents espaces, elles produiraient des effets différents. Pour étudier cet effet, ils proposent qu'une structure est liée aux arrangements physiques de base, aux configurations de l'espace et la connectivité des objets et acteurs entre eux (cf. Figure 5 ci-dessous).

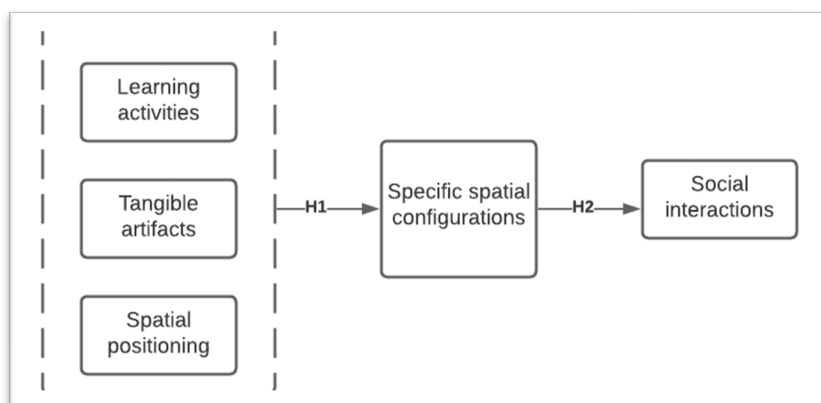


Figure 5. Schéma causal hypothétique du scénario et matériel pédagogiques (disponibilités locales) aux interactions sociales (Chaker et Njingang, en révision).

Dans cette étude, nous avons produit des indicateurs adaptés à notre contexte à partir du cadre proposé par Brooks (2012), qui caractérise et quantifie la configuration spatiale de la salle de classe selon différentes dimensions et variables : 1. le type d'activité dans le scénario ; 2. le mode de présentation du contenu ; 3. Positionnement des étudiants dans la salle de classe ; 4. Positionnement de l'enseignant dans la salle de classe ; et 5. interactions sociales. Comme nous cherchons à étudier le rôle des artefacts éducatifs, nous avons inclus dans notre observation les objets intégrés par le scénario pédagogiques et utilisés comme supports pour les activités des étudiants : robots, tablettes, ordinateurs, papier. Nous limitons nos observations au niveau mésoscopique, c'est-à-dire à l'analyse spatiale (Hashemi et Hipkiss, 2022). Pour vérifier s'il est possible d'identifier des configurations spatiales d'apprentissage en fonction des activités réalisées et des artefacts d'apprentissage utilisés prévus par les scénarios, nous vérifions si les variables observées se comportent de manière homogène en respectant des types de configurations d'espace d'apprentissage stables. La méthode de clustering (*k-means*) analyse les données en les regroupant selon des ensembles de variables présentant des variances homogènes (Scott et Knott, 1974). Cette technique de traitement des données vérifie si les différences entre les groupes sont significatives.

Parmi nos premiers résultats, nous trouvons que la configuration spatiale n'est pas constante sur l'ensemble d'une seule séquence pédagogique. La configuration se modifie tout au long des séances ou au sein d'une séance. La configuration traditionnelle (élèves alignés, enseignant face au groupe-classe) est observée en début de séance, alors que la configuration « active » (élèves distribués en îlots, enseignant au milieu de la classe) est observée durant la deuxième moitié de la séance. Nos résultats, en revanche, n'établissent pas de liens entre les objets pédagogiques tangibles (ici les robots pédagogiques) et la configuration spatiale. C'est donc bien le scénario et les actions de l'enseignante (son action sur le groupe, son orchestration, le degré de liberté

qu'elle prévoit dans ce même scénario) qui mènent aux modifications de l'arrangement spatial à l'intérieur de la classe, et non pas simplement aux artefacts utilisés. Enfin, nos résultats montrent que la configuration spatiale influence les interactions en classe : ces résultats peuvent être utilisés dans la perspective d'une « proxémie d'apprentissage » (Issaadi et Jaillet, 2017). L'effet de la situation pourrait donc être caractérisé en deux temps : d'abord, le scénario crée la situation générale de genèse de possibles ; puis, la configuration spatiale prolonge et modifie cette genèse situationnelle. Cela est bien dans ce deuxième temps que l'environnement fait apprentissage. Des analyses factorielles confirmatoires ont permis d'agréger les variables en deux clusters Active Traditional Classroom et Active Learning Classroom (Brooks, 2012). La configuration traditionnelle favorise les interactions de l'enseignante vers le groupe classe, de l'élève vers l'enseignante et l'absence d'interactions entre élèves. A l'inverse, la configuration « active », favorise les interactions entre l'enseignante et les groupes d'élèves et de l'élève vers les groupes d'élèves. Nous obtenons ainsi le schéma causal suivant : {scénario pédagogique + outils} => {configuration spatiale de la classe} => {interactions élèves-élèves + élèves-enseignant} (Figure 6 ci-dessous).

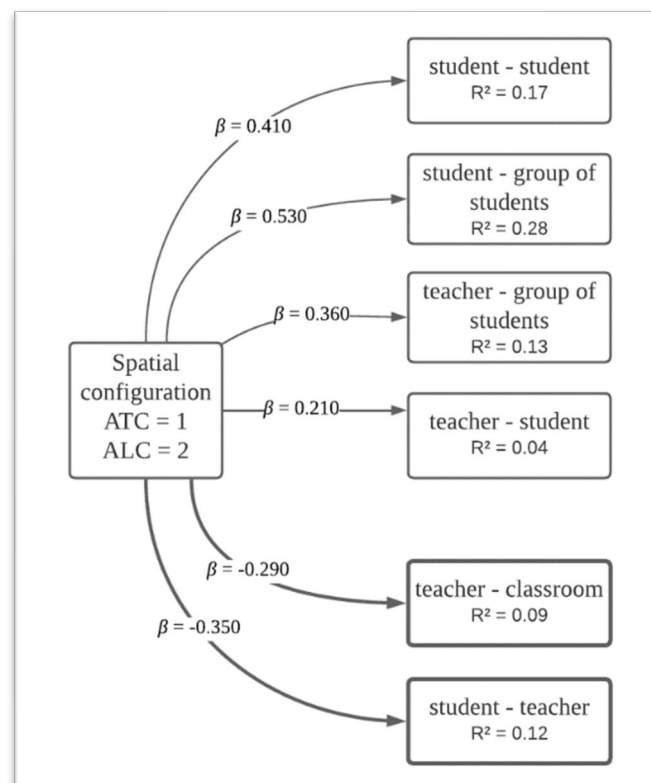


Figure 6. Modélisation en équations structurelles du lien entre la configuration spatiale (ATC et ALC et les interactions sociales), tiré de Chaker et Njingang (2024).

Nous avons aussi constaté que les groupes poreux, c'est-à-dire l'organisation d'élèves en

groupes flexibles permettant des déplacements dans l'espace (Deed, Lesko et Lovejoy, 2014), sont liés à la configuration des salles de classe d'apprentissage actif et aux relations sociales spécifiques entre les étudiants (au sein et entre les groupes) ainsi qu'entre l'enseignant et les étudiants et entre groupes. En effet, les regroupements flexibles « offrent des opportunités de soutien et des ouvertures pour impliquer les étudiants qui ont besoin d'être stimulés (...) [avec] des instructions explicites, des exercices et un soutien » (Rochester, 2021, p. 11). Ainsi, ce ne sont pas les outils intégrés dans le scénario qui conditionneront la configuration spatiale (et donc les interactions), mais l'orchestration (Dillenbourg, 2013) effective des activités en classe mise en place par l'enseignant. Nous soulignons ici l'importance de la mise en œuvre du scénario dans une situation d'apprentissage donnée : c'est l'environnement sociomatériel (Kolvoort et Rietveld, 2022), en particulier le degré de prescription du scénario d'apprentissage, en termes de spontanéité et de flexibilité (Rosen et al., 2020), qui offrira une certaine liberté interprétative à l'enseignant (Ruthven, Hennessy et Deaney, 2008).

La flexibilité du scénario pédagogique (Rosen et al., 2020) permet de faire face aux obstacles éventuels en situation (comme les réactions imprévues des étudiants, comme dans Leikin et Dinur, 2007). Cela nous amène à proposer une définition de ce qu'un scénario devrait être : une carte routière et un guide (Rasuli, 2020), avec certains degrés de liberté, un **référentiel externe local**³⁰. Dans cette perspective, en s'appropriant un plan de cours, les enseignants agissent en tant qu'« interprètes et médiateurs des supports de curriculum » (Remillard, 2005), ce qui pourrait favoriser « la prise de décision sur le moment » (Schoenfeld, 2010), dans cet espace qui se crée entre le scénario et l'action située (Suchman, 1987).

3.3.2. Lien entre expérience sociale et stratégies cognitives

Ce lien entre le niveau méso et micro, nous avons cherché à l'analyser du point de vue social (Chaker et Impedovo, 2021) en nous focalisant sur le lien entre l'apprentissage auto- et corégulé et le capital social dans un MOOC. Plus précisément, nous avons exploré la relation entre le sentiment d'appartenance à une communauté en ligne et la régulation individuelle et collective de l'apprentissage. Nous avons ainsi exploré les liens directionnels pouvant exister entre elles, avec comme variable finale prédite (*learning outcome*), la performance à l'examen final du

³⁰ Par exemple, nos résultats montrent que la configuration traditionnelle (ATC) magistrale favorise les interactions unilatérales à partir de l'élève vers l'enseignante, et de cette dernière vers l'ensemble du groupe classe. La configuration « active » (ALC) en îlots prédit davantage les interactions entre élèves, de l'élève vers le groupe d'élève, de l'enseignante vers le groupe d'élève et vers l'élève, donc d'individualiser davantage les interventions enseignantes. Ces résultats mettent en lumière comment les configurations environnementales (de niveau méso) influencent directement ce qu'il se passe à un niveau plus micrologique.

MOOC GdP (Gestion de Projet). Deux postulats justifient le choix de notre sujet d'étude :

- 1) apprendre via un MOOC suppose que les apprenants soient autonomes et capables de gérer leur propre apprentissage (Tschofen et Mackness, 2012, p. 126). Pour cette raison, l'apprentissage autorégulé³¹ est abondamment étudié dans la littérature scientifique portant sur l'apprentissage en ligne, en tant que facteur décisif lié au comportement de l'apprenant, notamment dans les MOOC (Lee, Watson et Watson, 2019).
- 2) La dimension sociale est un sujet de questionnement dans la réussite d'un MOOC, d'autant que ces dispositifs d'apprentissage en ligne intègrent souvent dans leur conception pédagogique la possibilité d'interagir avec des pairs et de partager des informations au sein des espaces de discussion³².

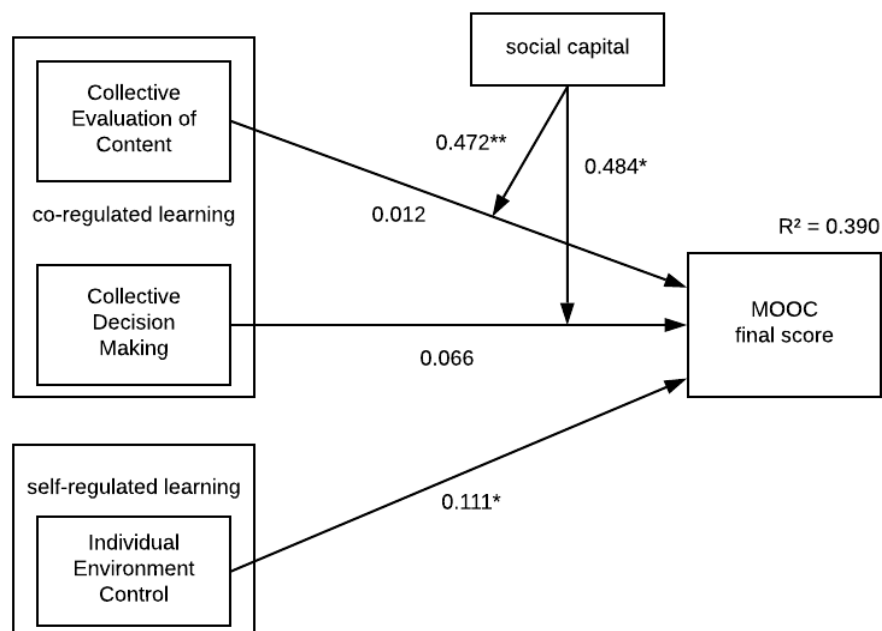


Figure 7. Le capital social est modérateur du lien entre la corégulation de l'apprentissage et la réussite au MOOC GdP (Chaker et Impedovo, 2021).

Lorsque le capital social est intégré comme variable modératrice, la variance totale du score final du MOOC s'améliore (il passe de $R^2 = 0,083$ à $R^2 = 0,390$, cf. Figure 7). Le capital social

³¹ L'autorégulation de l'apprentissage (SRL) est considérée comme une compétence transversale d'« apprendre à apprendre » (Schunk & Zimmerman, 1998).

³² Même si un MOOC peut constituer une communauté d'apprentissage éphémère (de Waard et al., 2011), de nombreuses études lient l'interaction sociale au sein des MOOC à l'apprentissage à travers la théorie connectiviste (voir Milligan, Littlejohn & Margaryan, 2013 et Bozkurt & Keefer, 2018). Les relations sociales entre pairs peuvent constituer des communautés de pratique virtuelles (voir Kellogg, Booth & Oliver, 2014 ; Sarirete & Brahim, 2014).

modère donc significativement l'évaluation collective du contenu et la prise de décision collective, ces deux variables étant deux stratégies de régulation collective de l'apprentissage. En revanche, le capital social n'est pas lié au contrôle individuel de l'environnement³³. Ces résultats peuvent aussi être interprétés en termes de distribution cognitives entre les stratégies individuelles, le support social et la tâche. Le fait de s'appuyer sur les interactions pour réguler son activité d'apprentissage modifie les stratégies cognitives et la réussite.

3.3.3. Lien entre conception pédagogique et apprentissage

Nous avons cherché à approfondir ce lien méso-micro, en analysant comment la perception de l'ergonomie et le format d'un outil numérique peut affecter l'apprentissage (Chaker, 2018 ; Chaker et al., 2021) et la rétention d'information (Chaker, 2019). Nous montrons par exemple que les élèves de CM2 ayant bénéficié d'auto-observation de leurs propres mouvements (découpés en trois plans successifs correspondants aux trois mouvements de la tâche « départ de course ») sous format animé (image format GIF) apprennent mieux que les élèves ayant simplement bénéficié d'une séquence pédagogique classique (Chaker, 2018). D'après les résultats obtenus par *focus-groups*, les élèves déclarent avoir pu mieux mémoriser les gestes à accomplir (position des pieds, des mains, alignement horizontal des yeux, etc.) grâce à l'observation de leur propre corps *a posteriori* et leur compréhension générale des gestes à effectuer, et avoir modifié leur manière de percevoir leurs propres gestes et corrigé les mauvaises postures. Deux effets principaux sont observés sur l'activité pédagogique : le fait d'utiliser un outil qui paraît comme « didactisant » puisqu'il y a un effet de la situation ; et un effet cognitif qui renvoie à la cognition incarnée (Barat et Tricot, 2018) puisqu'il y a un alignement entre les gestes à accomplir (les trois étapes du départ de course) et le format utilisée (voir Johnson-Gleenberg, 2018). Par ailleurs, comme Tversky et al. (2002) le suggèrent, les animations pédagogiques ne doivent montrer que les changements qui correspondent aux objectifs pédagogiques, sans informations supplémentaires risquant d'entraîner une charge cognitive extrinsèque. Cette hypothèse a pu être vérifiée : nous avons utilisé une animation simple, constituée de trois images (plans) se succédant en mode *loop*, présentant une tâche sportive en trois étapes discrètes (et non continues). La charge cognitive induite – si elle s'est

³³ Les résultats confirment que les différentes stratégies d'apprentissage régulées ne sont pas des constructions monolithiques et que leurs différentes phases et dimensions affectent différemment les variables de performance telles que l'apprentissage en ligne. Il est important toutefois de noter que le contexte social de l'apprentissage et les ressources disponibles précèdent l'activation des stratégies autorégulées et corégulées dans un contexte d'apprentissage en ligne et viennent s'ajouter aux informations que les apprenants et le groupe d'apprenants prennent en compte lors de la construction de leur processus d'apprentissage.

trouvée affectée, nous ne l'avons pas mesurée – n'a pas empêché l'apprentissage.

Le projet *Antepulsio* (ANR 2017-2021) a permis de développer un outil 3D permettant une expérience corporelle personnelle et d'améliorer la représentation spatiale de l'anatomie fonctionnelle du système musculosquelettique. Les étudiants peuvent analyser et recréer une série de mouvements, à l'aide d'un outil numérique en 3D en temps réel. Nous avons réalisé une étude pilote et une expérience principale en deux temps (Chaker et al., 2021). L'étude pilote visait à évaluer l'expérience des utilisateurs (*UX*) du premier prototype. L'expérience principale visait à évaluer l'*UX* de la deuxième version de l'outil, dans un protocole prétest-entraînement-posttest. *Attrakdiff2* (Hassenzahl, 2003 ; Lallemand et al. 2015), l'outil de mesure quantitative de l'*UX* que nous avons utilisé, évalue les dimensions suivantes : la qualité pragmatique (QP) décrit l'utilisabilité, l'utilité du produit et indique dans quelle mesure le produit permet aux utilisateurs d'atteindre leur objectif en accomplissant la tâche ; la qualité hédonique-stimulation (QH-S) indique dans quelle mesure le produit peut répondre au besoin de stimulation ; la qualité hédonique-identification (QH-I) indique dans quelle mesure le produit permet à l'utilisateur de s'identifier à lui ; et l'attrait global (ATT) est une valeur du produit basée sur la perception des qualités pragmatiques et hédoniques. Les capacités d'imagerie spatiale et motrice des étudiants, ainsi que les résultats de l'examen d'anatomie, ont également été recueillis. Les résultats ont fourni des preuves d'amélioration de l'*UX*, en particulier pour la dimension QH-I entre la deuxième version de l'application et le premier prototype.

L'amélioration de la dimension QH-I peut s'expliquer par les améliorations des directives et les légendes supplémentaires associées aux couleurs expliquant le type de contraction musculaire, basées sur le recueil de données qualitatives après la première expérimentation. Cela est conforme à l'étude de Roach et al. (2018) qui a montré que guider spatialement et visuellement les étudiants améliore leur raisonnement spatial. Le fait que la dimension QH-I ait évolué par rapport aux autres dimensions d'*Attrakdiff*, donne quelques indications quant processus cognitifs évoqués lors de l'utilisation d'*Antepulsio* : les interactions avec un avatar humain ont sans doute facilité l'identification de l'utilisateur. Plusieurs sous-processus cognitifs peuvent être sollicités dans cette auto-identification : les individus expriment leur identité à travers des objets physiques (Hassenzahl, 2003) ; l'interaction avec un avatar humain fait appel à l'empathie (Hamilton-Giachritsis et al., 2018). L'imagerie mentale et motrice, l'observation de l'action et la cognition incarnée font partie des composantes de l'empathie : on perçoit autrui à travers

notre propre cognition incarnée³⁴ (Decety et Jackson, 2004).

Comme le souligne Hassenzahl (2003, p. 34), « un produit pragmatique est principalement instrumental. Il est utilisé pour atteindre des objectifs comportementaux donnés externe ou internes ». La qualité hédonique, en revanche, se concentre sur « le *Self*, c'est-à-dire la question de pourquoi quelqu'un (...) utilise un produit particulier » (Hassenzahl, 2010, p. 50). Il s'agit ici d'un rapport avec ses propres internalisations, dit autrement, **un référentiel interne** qui pourrait déterminer la perception des qualités hédoniques d'un produit. L'imagerie motrice prédit la QP et le score global de l'UX à T2, ce qui nous conduit à supposer que de bonnes capacités d'imagerie motrice, comme dispositions individuelles, sont nécessaires pour évaluer positivement la dimension pragmatique d'un produit. Par conséquent, un tel outil d'apprentissage tel qu'*Antepulsio* peut être davantage adapté aux étudiants ayant de bonnes capacités d'imagerie motrice, confirmant ainsi dans ce cas présent l'hypothèse d'amélioration (*enhancer hypothesis*, Hegarty and Sims, 1994 ; Hegarty, 2005).

4. Synthèse de la Partie I. Des effets de déterminants sociaux sur les dispositions individuelles à la perception et comportements en contexte pédagogique (Macro-Micro-Méso)

L'expérimentation conduite par Eitel, Endres et Renkl (2020) montre que les capacités et la volonté de *self-control*, en termes de stratégie d'autorégulation, se manifestent lorsque l'étudiant doit compenser une conception pédagogique mal ajustée ou déficiente, afin d'éviter une charge cognitive extrinsèque (néfaste pour l'apprentissage). Ce lien entre qualité de conception pédagogique et charge cognitive extrinsèque serait modéré par les stratégies d'autorégulation – compensatrices – mises en œuvre par l'apprenant (comme vu dans Simonian, Chaker et Kaplan, 2019). Or, puisque nous savons que les capacités d'autorégulation peuvent être liées à l'origine socioéconomique, à l'école primaire (Miech, Essex et Goldsmith, 2001 ; Backer-Grøndahl et Nærde, 2015 ; Cuartas et al., 2022), au collège (Farley et Kim-Spoon, 2017), jusqu'à l'université (Johnson, Richeson et Finkel, 2011), cela nous fournit une piste explicative quant à la différence de la perception de l'efficacité d'un environnement

³⁴ La cognition est incarnée lorsqu'elle dépend profondément des caractéristiques du corps physique d'un agent, c'est-à-dire lorsque des aspects du corps de l'agent, au-delà du cerveau, jouent un rôle causal significatif ou sont constitutifs sur le plan physique dans le traitement cognitif (Wilson et Foglia, 2015). Nous traiterons plus en détail dans ce travail de la cognition incarnée et de la centralité de cette approche cognitive dans l'approche globale qui la nôtre (cf. **Partie II.4.6**, p. 95).

pédagogique universitaire comme dans Tinajero et al. (2015). L'origine sociale, comme facteur distal, influencerait donc les stratégies d'autorégulation du travail universitaire, qui à son tour influence le traitement cognitif d'un scénario pédagogique et perceptif d'un environnement sociotechnique pour l'enseignement-apprentissage. L'efficacité du scénario ne dépend donc pas seulement de sa conception, mais aussi de sa perception en situation puis de son traitement cognitif.

Si les stratégies d'autorégulation modèrent le lien entre la perception des éléments méso (scénario pédagogique et environnement numérique d'apprentissage) et la charge cognitive (niveau micro), l'effet des déterminants macro (origine socioéconomique, capital culturel et social) est significatif sur la perception du contexte institutionnel, mais également sur les capacités d'autoréguler le travail universitaire (la Figure 8 montre cette modélisation temporaire).

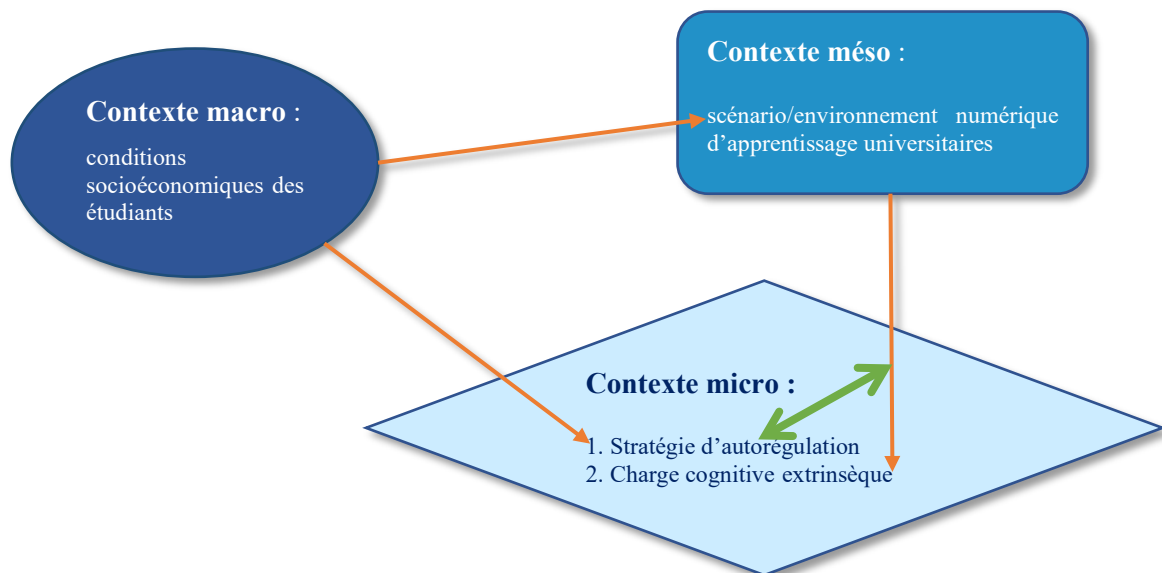


Figure 8. Modélisation temporaire des différents niveaux de contextualisation et exemples de liens entre eux dans le contexte général de l'hybridation d'enseignements universitaires.

Des stratégies cognitive (dans nos exemples d'auto- et de corégulation de l'apprentissage), peuvent être mises en œuvre comme stratégies cognitives compensatrices (double flèche verte dans la Figure 8) lorsque l'alignement entre les dispositions individuelles et l'environnement d'apprentissage n'est pas entièrement satisfaisant. Nous pouvons illustrer nos propos par les résultats de l'étude sur l'hybridation d'enseignements universitaires (Polo et Chaker, 2020) : les conditions socioéconomiques des étudiants (considérées dans le niveau macro) peuvent déterminer leurs perceptions, représentations et attentes du monde universitaire, et ainsi le rôle et la fonction des scénarios pédagogiques et des enseignements proposés. Avec

l'environnement d'enseignement-apprentissage, qui peut être numérique, ces facteurs constituent le niveau méso du contexte général étudié. Les deux niveaux, macro et méso, influencent les phénomènes qui peuvent être étudiés au niveau micro, ou individuel, de la population étudiée. En nous basant sur la littérature scientifique, nous pouvons en déduire que le niveau macro, plus précisément les facteurs socioculturels, peuvent déterminer les compétences et stratégies d'autorégulation de ces étudiants. Le niveau méso, c'est-à-dire l'environnement immédiat (ce qui est disponible localement au sujet : outils, scénario, environnement numérique, support enseignant, etc.), influence la charge cognitive extrinsèque induite par l'accomplissement des tâches universitaires. Cet exemple vise à montrer les nombreux liens d'interdépendance complexe entre les différents niveaux d'échelles (micro, méso, macro) dans le cadre d'un sujet d'étude.

En synthèse, les travaux produits traitent chacun partiellement de la dialectique entre les dispositions individuelles et les disponibilités locales, en termes d'alignement et de ce que génère cet alignement relatif, le tout inscrit dans un contexte général d'environnements numériques impulsés par différentes politiques générales (école, université), et de formation tout au long de la vie. Nous remarquons ainsi que le sujet situé mobilise des référentiels plus ou moins locaux, plus ou moins internes et externes, en soutien à son action. A partir de cette porosité des pratiques domestiques, voire professionnelles, sous-tendues par les contingences sociohistoriques et techniques dues à l'essor de la société réticulaire, nous adoptons un point de vue culturel et situé pour l'étude des pratiques sociales (Lave, 1988) :

(...) les activités quotidiennes dans les milieux domestiques ne délimitent pas les frontières d'un prétendu "monde quotidien". Le terme ne désigne pas non plus une division entre la vie domestique et le travail, les domaines domestiques et publics, l'entretien de routine et l'activité productive, ou les routines manuelles et le travail mental créatif. (...) Au lieu de cela, le monde quotidien est simplement ce que les gens font dans les cycles d'activité quotidiens, hebdomadaires, mensuels et ordinaires. (...) C'est le caractère routinier de l'activité, les attentes riches générées au fil du temps sur sa forme et les environnements conçus pour ces activités et organisés par elles qui constituent la classe d'événements qui constitue un objet d'analyse dans les théories de la pratique (p. 15).

Pour Lave (1988), les activités de la vie quotidienne constituent un fait total qui se situe sur un continuum temporel et spatial. Cette réflexion nous a conduit à nous intéresser au monisme philosophique (cf. **Partie II**, p. 45) comme paradigme permettant une approche compréhensive et analytique de l'activité humaine, en combinant les niveaux micrologique, mésologique et macrologique. La partie suivante passe en revue, de manière analytique, différentes approches offrant différents appareils théoriques, nous permettant de mieux comprendre les phénomènes mis au jour dans nos recherches jusqu'à présent. Plus précisément, il s'agit d'expliquer la

dialectique entre le général d'un contexte et d'une trajectoire sociales, et le particulier d'une situation, et ce que peut générer une possible tension entre eux.

PARTIE II. Une approche distribuée et incarnée de la cognition : une première tension temporelle

Car l'esprit ne se connaît lui-même qu'en tant qu'il perçoit les idées des affections du corps [...]. D'autre part, [...] il ne perçoit son corps que par ces idées des affections, et c'est aussi par elles seules [...] qu'il perçoit les corps extérieurs ; par conséquent, en tant qu'il a ces idées, il n'a ni de lui-même [...], ni de son corps [...], ni des corps extérieurs [...], une connaissance adéquate, mais seulement [...] une connaissance mutilée et confuse.

Baruch Spinoza (1677). *Ethique*, II, corolaire XXIX.

Dans cette partie, je présente de manière analytique les fondements des approches situées en sciences humaines et sociales, en faisant le lien entre la distribution de la cognition et son ancrage dans les conditions culturelles et sociomatérielles ainsi qu'avec des approches sociologiques pouvant être mobilisées afin de comprendre la dynamique sociale et cognitive du sujet situé. Je termine par la querelle philosophique entre l'approche cartésienne (dualiste) et spinoziste (moniste) de l'articulation entre l'esprit et la matière, en montrant en quoi la rupture spinozienne est une étape essentielle au développement des approches distribuées de la cognition, notamment en mobilisant les concepts de *conatus* et d'*immanence*.

1. Les origines modernes des approches situées et distribuées de la cognition humaine

1.1. De l'écologie de l'esprit à la cognition distribuée

L'anthropologue et psychologue Bateson, en élargissant la pensée cybernétique à l'ensemble des systèmes vivants, a proposé une « écologie de l'esprit » (1972). Il tente d'intégrer au sein d'une épistémologie unique « un ensemble très vaste de phénomènes apparemment différents,

mais en fait très proches par leur organisation et leur fonctionnement » (Winkin, 1981, p. 44). Un des principes de l'« écologie de l'esprit » est de considérer tout processus cognitifs comme structurellement liés aux conditions environnementales et culturelles. Pour Bateson, la frontière, entre le cerveau d'un être humain et le monde extérieur, ne s'applique pas : « qui, loin d'appartenir exclusivement au "monde" du cerveau, [est] plutôt [...] situé dans la relation qui se noue entre le cerveau et le monde » (Adell-Gombert, 2011, p.69). Un pas est ici franchi pour considérer, à l'instar de Flor et Hutchins (1991), la cognition comme distribuée : unité d'analyse qui inclut les structures externes, collectives et les artefacts, en tant que système afin d'effectuer une tâche. Dans cette perspective, Clark et Chalmers (1998), introduisent l'expression « esprit étendu » (*extended mind*), influencée autant par une compréhension de la cognition qui s'étudie à l'extérieur d'un laboratoire, *in the wild* (Hutchins, 1995), que par l'approche écologique de la psychologie de Gibson (1958, 1979) notamment dans son acception actuelle (Norman, 1988). La cognition³⁵ n'est pas un phénomène uniquement à observer à l'intérieur du cerveau, mais un processus incarné, implanté, étendu et éactif (*4E cognition : embodied, embedded, extended, enactive cognition*).

La cognition est dite distribuée dès lors que les sujets travaillent ensemble pour résoudre des problèmes complexes en utilisant des artefacts, des technologies et des conventions culturelles (Flor et Hutchins, 1991). Hutchins (1995) a notamment montré comment la cognition distribuée peut être observée dans des contextes tels que la navigation en mer, la conduite d'un avion ou la gestion d'une entreprise, dans lesquels les sujets utilisent des artefacts, des technologies et des procédures, pour coordonner leurs actions et produire des résultats cognitifs collectifs. La cognition, initialement conçue comme localisée – dans le cerveau, dans le système nerveux, dans le corps, etc. – est désormais considérée comme distribuée et située dans un faisceau de pratiques culturelles et d'horizons sociaux³⁶. Cette orientation semble fondamentale et heuristique pour mieux comprendre et analyser l'activité humaine instrumentée.

1.2. Les approches concurrentes : cognitivisme et computationnalisme

Les approches en sciences cognitives, en neurosciences et en cybernétique ne furent pas unanimes sur l'orientation épistémologique et paradigmatique pour l'étude des phénomènes de

³⁵ La cognition est définie comme le processus mental de connaissance, qui comprend la prise de conscience, la perception, le raisonnement et le jugement ou la prise de décision (Baron, 2000).

³⁶ Lors de la navigation, par exemple, le capitaine peut fixer le cap, « mais la puissance de calcul et l'expertise sont réparties sur un assemblage hétérogène de cerveaux, de corps, d'artefacts et d'autres structures externes » (Clark, 1998, p. 77).

la cognition et la compréhension de la dialectique entre esprit, cerveau et matérialisme. Vandaele (2007) rappelle que le « courant dualiste cartésien³⁷, cohérent avec l'idéalisme platonicien, mène au cognitivisme dit classique, ou symbolique, issue de la cybernétique, avec Turing, Putnam, Fodor et Pylyshin : c'est la théorie computationnelle de l'esprit, selon laquelle le fonctionnement cognitif serait semblable à celui d'un ordinateur fonctionnant selon des algorithmes manipulant logiquement des structures syntaxiques » (Vandaele, 2007, p. 131). Il s'agit d'une acception d'un système cognitif qui serait modulariste, impliquant différents niveaux de représentations internes et symboliques du monde qui nous entoure (Versace et al., 2018). La théorie du système de symboles physiques (ou *Physical Symbol System*, PSS), est proposée par Simon et Newell (1980) dans le domaine de l'intelligence artificielle, pour laquelle tout système physique capable de manipuler des symboles, selon un ensemble de règles, est capable de présenter un comportement intelligent. Ces symboles peuvent représenter des objets, des concepts ou des idées dans le monde réel, et les règles spécifient comment ils peuvent être combinés et manipulés pour produire de nouveaux symboles et effectuer des calculs³⁸. (*computation*)

L'approche cognitive et computo-symbolique a fourni un cadre théorique pour comprendre la relation entre le langage et la pensée, et a également influencé la recherche sur la structure et la fonction du langage, y compris la syntaxe, la sémantique et la pragmatique du langage naturel (Chomsky, Fodor, Lakoff, Jackendoff). Ainsi, d'après Changeux (cité dans Piaget, 1979, p. 406), dans le système proposé par Chomsky et Fodor, « l'interaction avec le monde extérieur n'agit que comme déclencheur de programmes préétablis », en écho avec le programme innéiste

³⁷ Le courant dualiste cartésien est une perspective philosophique qui propose une distinction fondamentale entre l'esprit (ou l'âme) et le corps. Elle divise la réalité en deux substances distinctes : la substance pensante (résidant dans l'esprit) et la substance étendue (résidant dans le corps ou la matière). Pour Descartes, l'esprit est indépendant de la matière. En revanche, le corps est considéré comme matériel, étendu dans l'espace et régi par les lois physiques. Cette dualité implique que l'esprit et le corps interagissent, mais qu'ils sont fondamentalement différents.

³⁸ L'un des exemples donnés est celui de l'ordinateur qui peut manipuler des symboles sous la forme de chiffres binaires (0 et 1) selon un ensemble de règles spécifiées par la programmation de l'ordinateur. D'autres exemples de systèmes de symboles physiques incluent les langages formels, tels que les mathématiques et la logique, ainsi que le langage qui peut être considéré comme un système de symboles pouvant être combinés et manipulés pour produire du sens. La théorie du PSS a eu une influence considérable sur le développement de l'intelligence artificielle, car elle suggère qu'un comportement intelligent peut être obtenu en mettant en œuvre un système de symboles dans un système physique. C'est contre cette logique que les critiques ont fait valoir que cette hypothèse est trop restrictive et qu'un comportement intelligent peut être possible sans l'utilisation de symboles ou avec un type de système de symboles différent (notamment les tenants de la cognition étendue ou distribuée). Toutefois, le PSS a permis de mieux comprendre la relation entre les symboles, les règles et le comportement intelligent, et a influencé la recherche dans un large éventail de domaines, notamment en intelligence artificielle la psychologie cognitive, la linguistique et la philosophie de l'esprit. Ces dernières disciplines ont connu un essor important durant la première moitié du XX^{ème} siècle, accompagnée par le développement des recherches et de l'épistémologie basée sur une approche cognitiviste.

de la grammaire générative de Chomsky. A ce propos, les mots de Fodor à propos de son approche modulariste montrent à quel point le système computo-symbolique est pour eux à la base de la cognition, et se rattache au courant dualiste cartésien : « Ce que je vends, c'est la théorie représentationnelle de l'esprit. [...] Au cœur de la théorie se trouve la postulation d'un langage de pensée : un ensemble infini de "représentations mentales" qui fonctionnent à la fois comme objets immédiats d'attitudes propositionnelles et comme domaines de processus mentaux » (Fodor, 1987, pp. 16-17).

Le courant suivant est connexionniste. Alors que les cognitivistes computationnalistes « classiques » expliquent la cognition en se référant à des structures apparentées au langage, « les connexionnistes expliquent la cognition en termes de réseaux de neurones, c'est-à-dire de réseaux d'unités de traitement simples, impliquant une forte simplification des réseaux de neurones présents dans le cerveau » (Fusarolli et Paolucci, 2011, p. 12), et qui fonctionnent de manière parallèle et distribuée. Avec le courant connexionniste, le tournant distribué se développe, comme une redécouverte des apports potentiels du monisme spinoziste³⁹ pour la compréhension de la cognition humaine. Pour ce courant, ces unités de procès de la cognition n'ont nulle utilité à « représenter » quoi que ce soit, mais il ne dépasse pas cette focale sur les structures internes de médiation entre perception et action, et reste fortement inspiré par l'intelligence artificielle (Varela, 1989) et des modèles computationnels de Turing (Vadaele, 2007)⁴⁰. Les symboles ne sont pas complètement rejetés, cependant, leur rôle change : « de constituants de la cognition, ils deviennent un sous-produit des processus de satisfaction des contraintes, c'est-à-dire de reconnaissance de formes, de complétion et de désambiguïsation » (Vadaele, 2007, p. 13). En définitive, dans ce courant, les concepts sont représentés dans un format symbolique et amodal.

Seulement, l'approche modulariste présente des limites semblables aux approches comportementalistes qu'elles souhaitaient dépasser : elle « repose encore trop fortement sur une vision de l'esprit comme une « boîte noire » dans laquelle les processus cognitifs internes sont largement inaccessibles » (Hipólito et Kirchhoff, 2023, p. 1). Globalement, dans ces approches cognitivistes, il est considéré que l'effet de l'action sur la perception (autrement dit, le vecteur

³⁹ Le monisme spinoziste promeut une vision de l'unité fondamentale de toutes choses dans l'univers, reliant la pensée et l'étendue comme des aspects d'une seule et même réalité infinie. Le spinozisme sera longuement explicité dans la dernière sous-section de cette partie (cf. **Partie II.6**, p. 136), comme rupture fondamentale avec certaines approches modernes distribuées et étendues de la cognition.

⁴⁰ Fusarolli et Paolucci (2011) rappellent que pour les tenants du courant connexionniste, les représentations symboliques et la programmation directe des règles algorithmiques sont remplacées par des connexions entre des nœuds sous-symboliques et processus d'apprentissage.

bottom-up), est négligé (puisqu'il n'y a pas de boucle action-perception), comme l'est la « conscience consciente » (*conscious awareness*) (Hipólito et Kirchhoff, 2023, p. 1) potentielle du sujet et, donc, les inférences effectuées en situation. En effet, le couplage structurel de l'organisme avec son environnement, comme nous le verrons plus loin dans l'approche incarnée de la cognition et de l'action (cf. **Partie II.3.6.2**, p. 87), implique de considérer le sens ascendant de la cognition, notamment que « le cerveau est un médium plastique et que les pratiques culturelles peuvent donner sa forme à ce médium » (Clark, 2008, p. 68). Est apparue alors la nécessité d'étendre le cognitivisme en tant qu'approche, « en prenant plus sérieusement en compte les aspects neurologiques de la cognition », ce qui rejoint l'argument de l'in vraisemblance de l'hypothèse biologique de la métaphore computationnelle de l'esprit (Maturana et Varela, 1987 ; Varela et al., 1991, cités par Lindblom, 2020). En effet, d'après Descombes (1995), « l'erreur du mentalisme contemporain consiste à vouloir assurer l'autonomie du mental en le détachant du monde extérieur pour se poser ensuite le problème inextricable de l'interaction entre le mental et le physique » (Descombes, 1995, p. 26, cité par Clément, 2011, p. 117) : naturaliser l'esprit reviendrait donc à une erreur de catégorie (Clément, 1997), puisque la complexité du dedans refléterait la complexité du dehors⁴¹. C'est pourquoi, il serait utile de « développer une psychologie et une science de l'information qui ne requièrent pas un dualisme ontologique de l'esprit et de la matière » (Heintz, 2011, p. 295), mais plutôt une approche duale⁴² entre sujet et environnement (Shaw et Turvey, 2017), comme le proposent les approches distribuées, incarnées et étendues de la cognition.

2. La cognition distribuée : une acception sociale et temporelle

2.1. Introduction à la cognition distribuée

Edwin Hutchins, anthropologue cognitif, étudiait au départ ce qu'il nomme la « cognition située naturellement » (1995, p. xii). L'anthropologie cognitive⁴³ tente de comprendre les processus

⁴¹ Nous rappelons à ce propos l'exemple donné par Herbert Simon (1981) qui décrivait la pérégrination de la fourmi sur la plage comme étant dictée par les propriétés matérielles de l'environnement et non par les propriétés cognitives internes à la fourmi.

⁴² « La dualité fait référence au caractère de ce qui est double alors que le dualisme fait référence à la coexistence de deux principes différents » (Luyat et Regia-Corte, 2009, p. 315).

⁴³ L'anthropologie cognitive est une branche de l'anthropologie qui se concentre sur l'étude de la cognition humaine et de la manière dont elle varie selon les cultures et les sociétés, et s'intéresse à la manière dont les individus

cognitifs à travers l'étude des dynamiques culturelles. Le courant de la cognition distribuée, propulsée par Hutchins au fil de ses recherches ethnologiques⁴⁴, est marquée par le jalon en 1995 de la publication de son ouvrage *Cognition in the wild*, dans lequel il tente de démontrer que les processus cognitifs sont visibles et analysables par un observateur externe, puisqu'ils sont distribués sur l'ensemble d'un système cognitif composé de composants fonctionnels, tels que les humains, les artefacts, à travers la **propagation des états représentationnels de l'information**. C'est dans cette perspective qu'il a identifié l'importance de la distribution sociale de la cognition et que ses travaux ont grandement contribué au développement du cadre théorique de la cognition distribuée. Son approche a pour objectif de dépasser une approche traditionnelle de la science cognitive qui se concentre sur l'individu, pour caractériser une cognition qui est incarnée et située dans son contexte, en prenant en compte sa dimension distribuée à travers les différents éléments et acteurs de la situation. Selon Halverson (1995), la cognition distribuée poursuit trois objectifs principaux : 1) examiner la coordination des différentes composantes d'un système fonctionnel ; 2) analyser la propagation de l'information dans le système fonctionnel en termes de représentations et de technologies distribuées ; 3) examiner de manière approfondie la circulation de ces représentations à travers le système fonctionnel à un niveau microscopique.

Alors que Geertz (1983) plaidait pour une « psychologie de plein air » (*outdoor psychology*) (voir aussi à ce propos Lave, 1988), Hutchins (1995) déplore que les méthodes de l'anthropologie cognitive, même si ses sujets étaient exotiques, utilisaient les mêmes méthodes expérimentales que la psychologie et la linguistique, utilisées *indoor*. Surtout, il manquait la prise en compte de l'environnement dans lequel la connaissance se produit. En effet, d'après

perçoivent, comprennent et interagissent avec le monde qui les entoure, ainsi qu'à la manière dont ces processus cognitifs sont influencés par la culture et l'environnement. Elle se concentre sur l'étude de la cognition humaine dans son contexte culturel et environnemental, en examinant les modes de pensée, les systèmes de croyances, les systèmes de communication, les systèmes de connaissances, les processus de résolution de problèmes et les processus d'apprentissage, et la cognition humaine évolue au fil du temps et comment et varie selon les cultures et les sociétés (Hutchins, 1980). L'anthropologie cognitive peut aider à comprendre comment la cognition est influencée par les normes, les valeurs et les croyances culturelles, et comment les processus cognitifs, eux-mêmes obéissant à des principes d'économie de coût énergétiques, peuvent à leur tour influencer la culture. Une telle orientation scientifique permet de penser que l'étude du cerveau seul ne peut permettre de comprendre l'évolution technique dans son ensemble, ni l'évolution de pratiques humaines dans un domaine spécifique. De même, pour l'anthropologie (même l'anthropologie de la technique), étudier la culture seule sans intégrer les systèmes et les processus cognitifs dans leur ensemble (au niveau individuel ou social), ne permet pas non plus de comprendre l'évolution de la technique.

⁴⁴ Theureau (2020) schématise l'histoire du développement du courant de la cognition distribuée en trois étapes principales : 1. Les travaux de Hutchins aux Îles Trobriand sur les échanges (1980) et la navigation (1983) (il pose les bases de l'ethnographie cognitive). 2. Publication de *Cognition in the wild* (1995) : formalisation du système de cognition distribuée. 3. La cognition incarnée et le paradigme de l'énaction enrichit la cognition distribuée (Hutchins, 2008 ; Hutchins et Johnson, 2009 ; Theureau, 2019).

lui, une analyse trop traditionnelle de la culture humaine empêche d'observer que les systèmes distribués socialement possèdent des caractéristiques cognitives propres. Déjà en 1932, Bartlett proposait que l'observation des activités quotidiennes en contexte constituât la base des designs expérimentaux en laboratoire. Hutchins (1995) évoque le fait qu'un groupe humain rationalise l'énergie à sa disposition, et essaye d'exploiter à son profit l'environnement physique de manière efficace (cf. le principe de l'énergie libre, par exemple, voir **Partie II.5**, p. 96). Ainsi, les facteurs sociaux organisationnels produisent des propriétés de groupe qui ne sont pas prévisibles (et dépendent ainsi largement des contingences individuelles, de groupe, et du groupe).

C'est lorsque l'on comprend que la cognition est culturelle (et non exclusivement biologique), que l'on comprend qu'elle est distribuée dans un système culturel, de l'intérieur du sujet, à l'extérieur du sujet, cet extérieur comprenant les autres sujets ainsi que l'environnement (qu'il soit naturel ou technique, qui fait que cet environnement est alors socio-naturel ou sociotechnique). Lave (1988) rappelle par ailleurs que les critiques de l'approche traditionnelle de la cognition en laboratoire, considèrent que le dispositif expérimental en laboratoire constitue en lui-même une classe spécifique d'action, en tant qu'événements structurés de manière sociale et culturelle (Bronfenbrenner, 1979).

Dans l'étude de l'activité de pilotage dans un avion (Hutchins, 1991, 1995b), le niveau d'analyse traditionnel en science cognitive se concentre sur les processus individuels de représentation et de traitement, tels que ceux du pilote et du copilote. En revanche, la cognition distribuée s'intéresse à l'ensemble du cockpit en tant qu'unité d'analyse pertinente. Cette approche permet l'observation directe de toutes les représentations présentes dans le système, y compris les états des indicateurs et les interactions entre les sujets. L'analyse se concentre sur les propriétés cognitives du cockpit en tant que système cognitif plutôt que sur les propriétés cognitives des humains présents dans le cockpit (Hutchins et Klausen, 1992). La théorie de la cognition distribuée élargit donc la cognition au-delà de l'individu pour inclure les interactions entre les personnes et les ressources et matériaux de l'environnement. Contrairement aux théories traditionnelles, elle ne se limite pas à une forme particulière de cognition (Hollan, Hutchins et Clark, 2000). Flor et Hutchins (1991) définissent la cognition distribuée en tant que :

nouvelle branche des sciences cognitives consacrée à l'étude: de la représentation des connaissances tant dans la tête des individus que dans le monde [...]; la propagation des connaissances entre différents individus et artefacts [...]; et les transformations que subissent les structures externes lorsqu'elles sont opérées par des individus et des artefacts [...]. En étudiant les phénomènes cognitifs de cette manière, on espère qu'une compréhension de la façon dont l'intelligence se manifeste au niveau des systèmes, par opposition au niveau cognitif individuel,

sera obtenue (Flor et Hutchins, 1991).

La cognition distribuée se distingue des autres approches cognitives selon deux principes théoriques : 1) l'unité d'analyse, et 2) la pluralité des facteurs supposés participer aux processus cognitifs (Hollan, Hutchins et Clark, 2000).

1) Pour les chercheurs, « la cognition distribuée recherche des processus cognitifs, où qu'ils se produisent, sur la base des relations fonctionnelles des éléments qui participent ensemble au processus » (p. 175), sachant que ce dernier n'est pas cognitif simplement parce qu'il se produit dans un cerveau, ni qu'il est non cognitif simplement parce qu'il se produit dans les interactions entre plusieurs cerveaux. De ce point de vue, « un processus cognitif est délimité par les relations fonctionnelles entre les éléments qui y participent, plutôt que par la colocation spatiale des éléments » (Hollan et al., 2000, p. 175)⁴⁵.

2) Le deuxième principe s'éloigne des approches traditionnelles qui recherchent des événements cognitifs dans la manipulation de symboles à l'intérieur d'acteurs individuels, la cognition distribuée recherchant plutôt « une classe plus large d'événements cognitifs et ne s'attend pas à ce que tous ces événements soient englobés par la peau ou le crâne d'un individu » (Hollan, Hutchins et Clark, 2000, p. 176). Pour la cognition distribuée, l'esprit (*mind*), ou la cognition est étendue à l'environnement (donc à l'extérieur du cerveau), et implique des approches disciplinaires culturelles ou sociales comme l'anthropologie ou la sociologie (Hutchins 1995b ; Hollan, Hutchins et Clark, 2000 ; Pharo, 2011).

Un système cognitif comprend plusieurs systèmes cognitifs de traitements de l'information imbriqués les uns dans les autres, et le lien entre l'intérieur (du cerveau) d'un individu et l'environnement externe n'est qu'une séparation matérielle, et pas nécessairement un niveau d'imbrication différent. Un système cognitif comprendrait donc des processus internes et externes de traitement de l'information : « la communication à l'intérieur des acteurs est vue comme un processus interne du système cognitif » ; et de la même manière « les médias computationnels, tels que les figures et les schémas, sont vus comme des représentations internes au système, et les calculs menés à partir d'eux sont des processus supplémentaires internes au système » (Hutchins, 1995, p. 128). Dans ce dernier cas, cela rend

⁴⁵ Par exemple dans le cas de l'utilisation des constellations pour la navigation qui entraîne un système cognitif distribué entre les étoiles, le navigateur, la pirogue et l'environnement immédiat (voir Hutchins, 1980, 1995).

le processus cognitif, en tant que processus communicationnel, directement observable : les moyens de représentation sont tangibles et visuels (schémas, cartes, tableaux, etc.), ce qui rend possible l'observation directe des processus cognitifs dans un système informationnel, « l'activité cognitive étant distribuée à travers un réseau social » (Hutchins, 1995, p. 128). Pour l'anthropologue cognitif, une représentation est forcément tangible (ou réifiée) à un certain niveau d'observation, même théorique : pour lui, nous pourrions peut-être également observer, avec les outils adéquats, la transformation de l'information à mesure des passages entre les synapses⁴⁶. Cela permet par ailleurs, de rester « agnostique » quant à l'existence de représentations mentales à l'intérieur du cerveau, tout en participant à l'étude « des bases matérielles de la cognition » (Heintz, 2011, p. 296). Un média représentationnel agit comme une représentation tangible d'« états représentationnels »⁴⁷, qui influencent la cognition en fonction de facteurs culturels. C'est en cela que les pratiques situées contribuent à définir culturellement la cognition : « les processus cognitifs peuvent impliquer des événements hors du cerveau isolé » (Heintz, 2011, p. 281).

2.2. La culture comme ressource cognitive

Même si ces représentations peuvent être fortement situées, l'usage d'un média, donc *a minima* d'un ensemble de symboles compréhensibles et reconnaissables (voir : le schéma comme métalangage dans Chaker, 2019), renvoie à des signifiants culturels plus généraux. Ainsi, une représentation mentale peut être un appel à un ensemble de signifiants (Peirce, 1934) reliés entre eux *via* des connecteurs (que l'on pourrait nommer schéma mental). L'usage de médias représentationnels serait alors en quelque sorte une externalisation, sous la forme de signes stabilisés, domestiqués (Goody, 1977 : culturellement construits, mesurés et standardisés) et reconnus, d'un état représentationnel mental. Dans cette logique, la culture peut être considérée

⁴⁶ Le neurobiologiste Jean-Pierre Changeux propose également une approche matérialiste des représentations comme des interrelations physico-chimiques entre cerveau et corps : « l'objet mental est identifié à l'état physique créé par l'entrée en activité électrique et chimique, corrélée et transitoire, d'une large population ou assemblée de neurones distribués au niveau de plusieurs aires corticales définies. Cette assemblée, qui se décrit mathématiquement par un graphe, est discrète, close et autonome, mais n'est pas homogène. Elle se compose de neurones possédant des singularités différentes qui ont été mises en place au cours du développement embryonnaire et post-natal. La carte d'identité de la représentation y est initialement déterminée par la mosaïque (graphe) des singularités et par l'état d'activité (nombre, fréquence des impulsions qui y circulent) » (1983).

⁴⁷ Par exemple, les différents éléments, ou références de position sur une carte utilisées pour calculer la trajectoire du bateau. Ce média représentationnel constitue une médiation entre l'individu et l'environnement. Le sujet nécessite, pour résoudre un problème et/ou prendre une décision, de représentations intermédiaires qui vont conditionner son action, ou d'« une propagation d'état représentationnel à travers un ensemble de médias représentationnels » (Hutchins, 1995, p. 117). En externalisant l'addition sur un papier, on produit une représentation dans son environnement que l'on va ensuite utiliser comme *input* des opérations suivantes (McClelland et al., 1986). On inscrit (représente) l'information quelque part dans l'environnement.

comme un système de règles tacites qui limitent l'interprétation significative des événements en situation, et qui servent de guide à l'action individuelle ou de groupe (Hutchins, 1980). La culture agit alors comme une **ressource** pour les sujets en coordination : « même si certaines représentations sont internes, elles restent culturelles dans le sens où elles constituent un résidu d'un processus énoncé par une communauté de pratique, plutôt qu'une invention idiosyncratique de la part des individus qui les utilisent » (Hutchins, 1995, p. 130).

D'Andrade (1989) « relie la culture à un énorme système productif distribué et autoorganisé qu'il compare à une immense collection de solutions partielles de problèmes communément rencontrés par les groupes humains » (Cicourel, 2011, p. 342). Pour D'Andrade (1981, 1989), les états mentaux agissent comme des artefacts internes (au contraire des artefacts externes tels que les objets techniques), qui sont pour lui « des programmes culturels » (Hutchins, 1995, p. 171). Cette distribution cognitive à l'intérieur des membres d'un groupe est analysée de manière fonctionnaliste (D'Andrade, 1989), en ce qu'elle distribue également les rôles sociaux des individus à l'intérieur des groupes, et donc l'autorité de manière différentielle. La reconnaissance interindividuelle (Honneth, 2001) des statuts sociaux des membres d'un groupe constituerait alors une propriété fondamentale de la distribution sociale de la cognition dans un système (Moore et Rocklin, 1998). Hutchins (1995) cite un dialogue qu'il a eu à ce propos avec D'Andrade, à propos des ouvriers dans les usines de fabrication de voitures, ce dernier interrogeant : « Comment sais-tu ce qu'ils font ? Peut-être que ce qu'ils créent, ce sont des relations sociales et que les voitures ne sont qu'un effet secondaire » (p. 225). La distribution sociale serait alors l'effet latent de la distribution cognitive et culturelle qui serait un phénomène manifeste.

Dans un système distribué, les **états représentationnels** d'une information sont ainsi partagés par les membres du système cognitif socialement distribué, puisque : 1) ses membres partagent un même référentiel culturel ; 2) leurs signes sont stabilisés et reconnus par les membres de cette communauté⁴⁸. Comment aborder cette dialectique entre état représentationnel et perception de l'environnement ? Un principe de la théorie de la cognition distribuée est que l'étude de la cognition n'est pas séparable de l'étude de la culture, puisque les agents vivent dans

⁴⁸ Cela fonctionne aussi bien dans un cadre identitaire fort comme au sein de l'armée, chez les pompiers, les forgerons, etc. ou davantage « postmoderniste » comme au sein des entreprises contemporaines de la technologie ou toutes sortes d'entreprises dans lesquelles le « collab » habite une fonction et exécute des tâches simples, parfois aliénantes (voir à ce propos les *bullshit jobs* de Graeber, 2018). Le Goff (1992) explique bien la culture de l'entreprise : on est « un IBM » ou « un Soc Gen ». Il s'agit alors de références ou de valeurs culturelles et éthiques intérieures à la « boîte » mais prégnantes socialement. Nous avons un dernier exemple en date avec les sociétés déclarant dorénavant une « raison d'être ».

un environnement culturel complexe (Hollan, Hutchins et Kirsh, 2000), et « la cognition humaine [...] ne peut pas ne pas en être affectée » (Hutchins, 1995, p. XIII). Dans cette perspective, le contexte n'est pas seulement un ensemble de conditions environnantes, mais relève d'un processus dynamique plus large dans lequel la cognition individuelle n'en constitue qu'une partie. Il serait alors problématique de vouloir dissocier le processus de développement de la cognition humaine des contingences contextuelles et situées. La cognition constituerait ainsi, autant qu'il en est le produit, un procès culturel. En effet, pour Hutchins (1995), « la culture n'est pas une collection de choses, qu'elles soient tangibles ou abstraites. C'est un plutôt un processus [...] humain qui a lieu à la fois à l'intérieur et à l'extérieur de l'esprit des gens. C'est le processus par lequel nos pratiques culturelles quotidiennes sont énoncées » (p. 354). Dans cette perspective, il propose une approche intégrée de la cognition humaine dans laquelle les processus cognitifs sont un composant majeur de la culture. Par ailleurs, les processus cognitifs sont également des processus énergétiques inscrits dans un processus culturel, comme nous le verrons en **Partie III (p. 131)**.

2.3. L'environnement de la tâche modifie son état représentationnel

Le travail cognitif peut faire interagir d'une part des habiletés individuelles, et d'autre part une ressource environnementale, comme un schéma graphique (représentation externe), notamment dans l'exemple qu'Hutchins donne du travail de l'opérateur du taximètre^{49,50} (1995, p. 139). Un schéma représente ainsi les liens entre les éléments d'un système (qui est donc un système cognitif externe) : il y a une dichotomie entre les éléments d'un système cognitif et le système cognitif dans son ensemble⁵¹. Cette dichotomie relève d'opérateurs qui relient entre eux de

⁴⁹ Un taximètre est un instrument de navigation utilisé pour mesurer des angles et déterminer la direction d'un objet ou d'une position par rapport à un point de référence. Il est souvent utilisé en navigation maritime pour aider à la navigation et à l'orientation en mer. Le taximètre est généralement composé d'un cercle gradué avec une aiguille mobile et est utilisé pour mesurer des angles horizontaux ou verticaux. Il peut être utilisé pour déterminer la direction d'un objet par rapport au navire ou pour prendre des relèvements afin de calculer la position du navire.

⁵⁰ Dans cette perspective, nous avons analysé (Chaker, 2019) qu'il existe (notamment) deux types de schémas dans les MOOC : une carte mentale organisant « à plat » des concepts et la nature de leurs relations (distribution horizontale) ; et un schéma en ordonnancement séquentiel » pouvant être utilisé lors d'une exigence procédurale (distribution temporelle).

⁵¹ Par exemple, on peut être parfaitement capable d'accomplir chacune des sous-tâches qui composent un problème, mais échouer complètement à résoudre le problème, « en raison de l'incapacité à organiser et coordonner les différentes parties de la solution » (Hutchins, 1995, p. 149). Il est ainsi possible d'utiliser un logiciel de statistiques, afin d'exécuter plusieurs analyses inférentielles différentes, mais être incapable d'établir des liens significatifs et logiques entre chacune de ces analyses afin de répondre à une question de recherche générale. Plus précisément

manière spécifique les éléments fonctionnels d'un système. Elle constitue un différentiel entre une « addition » ou une accumulation (sous forme de liste, par exemple) des sous-tâches qui composent ce tout, et ce dernier. C'est la nature des relations entre ces sous-tâches, ou leur « schéma d'ordre » (Hall, 1959/1984, p. 155), qui définirait la nature de la tâche et informerait sur les processus cognitifs à l'œuvre, et qui différencie *in fine* entre les caractéristiques de composants fonctionnels et le système distribué constituant ainsi un composant additionnel. Ce qui revient à penser que la complexité d'une situation, en tant que phénomène observable, relève en grande partie de la nature des liens entre des composants d'un même système, et pas uniquement de la nature des composants eux-mêmes. De plus, il est possible de subdiviser chaque étape d'un processus cognitif en micro-étapes, micro-étapes eux-mêmes subdivisibles, etc. : « Si nous nous mettions réellement à compter chaque symbole écrit sur le papier ou chaque pression de touche sur la calculatrice comme une étape (ce qui n'est pas un niveau inhabituellement détaillé pour une analyse cognitive), nous constaterions qu'ils contiennent chacun plusieurs dizaines d'étapes » (Hutchins, 1995, p. 150).

Imaginer que l'on utilise un outil pour exécuter une tâche fait appel à des représentations mentales de cette tâche, mais ce processus mental (qu'on le qualifie de représentation motrice ou d'imagerie motrice), est différent du processus cognitif en jeu lors de l'utilisation réelle de cet outil⁵². Les études par électroencéphalogrammes (EEG) montrent bien que certaines zones du cerveau sont activées lors de tâches réelles, différentes de celles activées lorsqu'il faut les simuler mentalement (Guyot et al., 2005, 2006, 2007). En effet, par définition, l'exécution réelle (physique) d'une tâche active les zones motrices primaires, alors que l'idée puis la planification (qui sont simulées mentalement) dépendent de zones prémotrices.

Cette extension de la cognition depuis le cerveau jusqu'à l'environnement est interdépendante du fait que certaines tâches soient trop complexes pour être entièrement confiées à des humains ; une partie des processus engagés est « déchargée » dans l'environnement sociotechnique. L'externalisation de ces tâches par l'aide d'outils est dans certains cas indispensable. Certaines tâches sont distribuées, ou dans ce cas *offloaded*, dans

encore, il est possible d'exécuter une régression linéaire ou une analyse de variance (avec un résultat interprétable), sans pour autant être en mesure d'expliquer le processus statistique sous-jacent, ni les lois de probabilité présidant aux observations. Il est donc possible de connaître les composants d'un calcul (comme les détails d'une équation et des constantes), sans que cela ne nous informe sur les actions et les tâches cognitives afférentes à la résolution du calcul (*computation*).

⁵² Par exemple, il est possible de demander à un navigateur comment il utilise ses instruments : il va en avoir une représentation mentale sommaire (du fait d'imaginer l'échelle et les graduations et les opérations exécutées dessus), alors que lire effectivement les numéros sur le relevé nécessite une tâche cognitive toute autre.

l'environnement, ce qui libère le sujet de cette charge cognitive, et sont par là-même transformées et transformatives : ce ne sont plus les mêmes processus cognitifs qui sont en jeu. Une partie du travail peut ainsi être coordonnée avec un outil mécanisé ou numérique (afin de simplifier la tâche principale), ou bien être totalement automatisée par une machine, ce qui modifie la nature de la tâche, et *in extenso* le travail lui-même.

La pensée étendue de Clark et collègues (*extended mind*) (Clark et Chalmers, 1998 ; Clark, 2008) suppose que la pensée s'étend dans l'environnement : en un sens, « l'individu énonce la pensée » (*a person enacts thinking*) (Kirsh, 2019, p. 140)⁵³. Cela permet de comprendre pourquoi les artefacts techniques ne sont pas réellement des « amplificateurs » d'habiletés cognitives (dans leur sens où ils nous permettraient d'exécuter des tâches cognitives autrement impossibles sans ces artefacts). Plutôt, nous proposons qu'ils constituent des **distributeurs cognitifs** des processus nécessaires à l'exécution d'une tâche.

2.4. Les artefacts : des distributeurs cognitifs ?

Chaque processus cognitif lié aux composants d'un système implique une « organisation, dans le sens où le travail fait par chaque capacité des composants doit être coordonné avec le travail fait par les autres composants » (Hutchins, 1995, p. 154). Ici, chaque tâche du sujet est considérée comme un problème cognitif différent, nécessitant des habiletés cognitives spécifique ou une organisation différente de ces habiletés (ce qui renvoie au schéma d'ordre chez Hall, 1959/1984, comme règles culturelles implicites). Lors d'activités instrumentées, le fait que le système technique exécute des calculs plus complexes que ceux afférents aux tâches cognitives des individus seuls, distribue les processus cognitifs sur l'ensemble du système. Il existerait donc un *delta*, un différentiel entre la somme des capacités cognitives de chaque individu pris séparément et la capacité cognitive du système cognitif en tant que tout (unité d'analyse couplant structurellement sujets et objets dans un même environnement). Un processus cognitif peut être compris comme **une série de composants d'habiletés cognitives ordonnancée en fonction de la nature et de l'objectif de la tâche**. Lorsque l'on modifie l'outil

⁵³ Dans l'exemple des manœuvres militaires en mer, Hutchins (1995) souligne que, entre les officiers, les seconds, et le reste de l'équipe, « une sorte de coordination de niveau supérieur est accomplie via la coordination sociale de la situation distribuée » (p. 201), ce qui a pour conséquence que « la charge cognitive est non seulement répartie, mais aussi réduite par cette distribution » (p. 201). Il explique que « l'enregistreur coordonne ses activités avec le comportement de sa montre-bracelet », autrement dit, il délègue (*offload*) une partie du contrôle de son propre comportement à cet appareil externe : comme s'il automatisait la régulation de sa propre activité via un outil présent à l'intérieur du système cognitif. En externalisant le contrôle de son comportement (régulation externe), il allège la charge cognitive liée à l'auto-régulation de son comportement dans le cadre d'un travail coopératif.

(la médiation entre le sujet et l'objectif), on modifierait la liste des habiletés cognitives mobilisées pour l'exécution de la tâche.

C'est pourquoi les artefacts sont considérés autant comme des supports d'états représentationnels d'une information qu'une contrainte structurelle de l'organisation d'une action. En ce sens, les artefacts sont médiateurs d'une information, mais pas en tant qu'ils se placent entre le sujet et la tâche : « Ils se tiennent plutôt aux côtés de l'utilisateur en tant que ressources utilisées dans la régulation du comportement de manière à permettre la propagation de l'état représentationnel qui met en œuvre le calcul » (Hutchins, 1995, p. 154). Nous avons vu dans Simonian, Chaker et Kaplan (2019) que les artefacts tels que perçus dans leur signification par rapport à la tâche, modifient la manière dont les étudiants régulent et corégulent leur activité. La cognition du sujet est dite distribuée dans l'environnement, en partie parce que l'artefact technique constitue un lieu dans lequel cette cognition est étendue : le système cognitif sujets-artefacts devient l'unité d'analyse, sans que l'on puisse tracer une frontière sur ce continuum. Cette analyse informationnelle (et non instrumentale) des objets techniques, rend compatibles l'approche étendue de la cognition (Clark et Chalmers, 1998 ; Clark, 2022) et l'approche distribuée.

Un artefact numérique n'amplifie pas directement les capacités cognitives du sujet, mais transforme la tâche cognitive en la représentant de manière à rendre apparente la solution au problème. Les contraintes imposées par les artefacts « rendent certaines opérations impossibles, d'autres obligatoires ; ou imposent de faire d'une certaine façon » (Quéré, 1997, p. 177). Hutchins (1995) précise que ces artefacts « sont utiles précisément parce que les processus cognitifs exigés pour les manipuler ne sont pas les processus computationnels accomplis par leur manipulation. Les contraintes computationnelles du problème ont été incorporées dans la structure physique des outils » (pp. 170-171) : les processus cognitifs contiendraient alors une propriété psychophysique. Les artefacts redistribuent les processus cognitifs à l'intérieur du système sujets-artefacts, de manière que les computations individuelles soient modifiées par la structure, et que chaque problème rencontré soit résolu partiellement par le fait qu'une partie des solutions soit rendue apparente (« chaque outil crée un environnement pour les autres » Hutchins, 1995, p. 114). Cette externalisation des tâches cognitives dans le monde (en ce qu'elles sont situées, ou *embedded*) les rend culturelles.

Ces contraintes structurelles ne représentent pas obligatoirement une contrainte de séquençement dans l'ordre des composants cognitifs d'un processus. Une procédure (ou une tâche) est *séquentiellement non contrainte* (donc non relative à un schéma d'ordre), si

l'exécution de n'importe quelle opération activée ne désactivera jamais n'importe quelle opération pas encore exécutée (Hutchins, 1995). D'un point de vue anthropologique, il s'agit d'un schéma de sélection ou d'harmonie (Hall, 1959/1984, pp. 157-159) : le sujet cherche à agir simplement « lorsqu'il rencontre des situations sur lesquelles il peut agir » (Hutchins, 1995, p. 198). Ces tâches séquentiellement non contraintes sont facilement distribuées dans un système, ou alors elles peuvent être résolues dans un système avec des interconnexions faibles (par exemple lorsque les sujets n'ont pas besoin de coordonner leurs tâches, ce qui peut engendrer peu de communication). *A contrario*, une procédure est séquentiellement contrainte, donc obéit à un schéma d'ordre (Hall, 1959/1984, p. 155), si l'exécution de toute opération activée désactive toute autre opération activée mais non encore exécutée (Hutchins, 1995), activée signifiant rendue possible par l'environnement sociotechnique. Les tâches contraintes de manière séquentielle nécessitent de la coordination de la part des agents dans les actions qu'ils entreprennent, et donc des canaux informationnels et communicationnels utilisés. La nature des tâches, en ce qu'elles nécessitent un ordonnancement séquencé ou non des processus, influencent directement la communication entre les sujets à l'intérieur d'un système : la situation distribuée engendre « un ensemble de dépendances socio-computationnelles concurrentes [qui] façonnent le schéma de comportement du groupe » (Hutchins, 1995, p. 200). La structure des activités du groupe est ici déterminée par un ensemble de computations locales (comme des tâches instrumentées en binômes ou plus) plutôt que par l'implémentation d'un plan global et des agents travaillant de manière indépendante. La nature d'une tâche produite par un groupe est donc consubstantielle de l'organisation sociale de ce groupe (ce qui couple alors les processus cognitifs afférents à la tâche aux dimensions sociales et culturelles du groupe). La distribution sociale de la cognition ne serait donc pas seulement horizontale entre les individus et les groupes, mais aussi potentiellement verticale, dans la perspective où l'on accorderait à une information un « statut social », selon le statut de l'émetteur (et donc de sa position de « légitimité » dans le groupe, Lave et Wenger, 1991) (cf. la dimension recognitionnelle évoquée précédemment).

Si une grande partie des processus cognitifs sont externalisés dans l'environnement artéfactuel du sujet au travail, alors cela nous mène à reconsidérer ce que l'on nomme les « systèmes experts ». L'analyse distribuée et étendue de la cognition considérant que les artefacts 1) sont le lieu de la propagation des états représentationnels d'une information ou d'un problème ; et 2) constituent une contrainte structurelle et culturelle dans l'organisation de l'action épistémique et pragmatique du sujet ; alors une grande partie de l'expertise du système sujet-

outil « est dans les artefacts [...], pas dans le sens où les artefacts sont eux-mêmes intelligents ou des agents experts, ou parce que l'acte de se mettre en coordination avec les artefacts constituent une performance par la personne ; plutôt, le système de la personne-en-interaction-avec-la-technologie démontre une expertise » (Hutchins, 1995, p. 155) (ce qui rejoint une acception située des dispositions et des compétences individuelles). Ainsi, lorsque l'on utilise un artefact numérique au travail, le système sujet-outil démontre des propriétés qualitatives propres et non pas seulement quantitatives en termes de processus cognitifs mobilisés. Ces artefacts permettent au sujet d'exécuter des tâches qu'il est déjà, d'un point de vue dispositionnel, capable de faire. L'efficacité du système cognitif n'est donc pas déterminée de prime abord par une facilitation ou une amplification du flux d'informations grâce aux technologies d'information et de communication, mais plutôt par le rôle que la technologie joue à l'intérieur de ce système cognitif, un rôle de **distributeur cognitif**.

2.5. Cognition distribuée temporellement

Dans une approche distribuée de la cognition, les processus sont répartis dans le temps de telle manière que les produits d'événements antérieurs peuvent transformer la nature d'événements ultérieurs (Hollan, Hutchins et Kirsh, 2000). Une idée de la cognition distribuée telle que développée par Hutchins, est que cette distribution est temporelle autant que spatiale. Les artefacts sont des constructions humaines possédant une dimension temporelle et incrémentale. Cette construction humaine peut être épistémique, comme le cas des étoiles pour les navigateurs : « la construction d'un réseau d'artefacts et de compétences pour convertir les étoiles de banals points de lumière dans le ciel, en formidables alliés dans la lutte pour la maîtrise de l'Atlantique est un bon exemple d'ingénierie hétérogène » (Law, 1987, p. 124, cité par Hutchins, 1995, p. 113). Les étoiles, objets naturels, ont ainsi été transformées en objets signifiants pour les êtres humains. Une fois appropriées et intégrées dans un système cognitif et culturel, les étoiles obtiennent le statut d'instrument, pour la navigation ou l'orientation humaine.

En tentant de comprendre l'histoire de la navigation d'un point de vue cognitif, Hutchins (1995) propose de prendre comme point d'appui analytique les artefacts comme « un riche réseau de dépendances mutuelles qui sont computationnelles et représentationnelles » (p. 114). Ainsi, dans ce maillage de distribution technico-cognitive, les liens entre actants, pour reprendre la terminologie de Latour (1988), sont dans le même temps computationnels (les processus cognitifs) et représentationnels (la modification des états représentationnels de l'information).

Ainsi, un artefact serait instrument lorsqu'il est pris dans un système cognitivo-culturel reconnu par les acteurs faisant partie de ce système⁵⁴. Le fait que des individus soient ainsi en mesure de s'emparer d'objets complexes pour travailler, apprendre, etc. montre bien qu'une écologie cognitive considère la continuité entre des objets internes et externes : l'exécution d'une tâche cognitive suppose une connaissance des objets à utiliser, qu'ils soient dans l'environnement ou internalisés (en termes de savoirs). Ces savoirs étant accumulés historiquement dans un champ spécifique (disciplinaire, professionnel, etc.), leur distribution est donc temporelle et nécessite une acculturation à un domaine, *a fortiori* lorsque celui-ci est fortement normé. Le continuum entre l'interne et l'externe est réifié *via* la modification des états représentationnels de ces artefacts. Une des conditions pour que la distribution cognitive d'un système soit effective suppose la cohérence (ou l'alignement cognitif et culturel) entre la « phase préparatoire » (les moments où l'on va préparer la tâche cognitive à venir) et le déroulement effectif de cette tâche. Un des enjeux est la surcharge cognitive potentielle entre la phase préparatoire et le déroulement effectif de la tâche (Hutchins, 1995).

De la même manière qu'une activité transforme les processus cognitifs en jeu en étant distribuée dans un ensemble sujet-artefact dans un lieu et un instant précis, cette activité transforme également ces processus en ce qu'elle est distribuée dans le temps, comprenant une **préparation** « des nouvelles structures qui change la nature cognitive des tâches qui doivent être exécutées dans un temps limité [...] » (Hutchins, 1995, p. 165). Les calculs par anticipation (*precomputations*) sont ainsi, dans la logique de cognition temporellement distribuée, des structures représentationnelles enregistrées qui transforment la nature de la tâche. Il ne s'agit pas seulement d'anticiper cette tâche dans le temps, dans le sens où ces calculs anticipatoires facilitent la tâche à venir ; il s'agit aussi d'une décharge cognitive différée (non-locale) à distance (dans le temps) ou spatiale. Ainsi, « dans la répartition de l'effort cognitif dans le temps, l'intégrale de l'effort sur le temps n'est pas la même dans le cas de l'exécution d'une partie de la tâche à l'avance que dans le cas d'une précomputation de restructuration à l'avance » (Hutchins, 1995, p. 165). Dans ce dernier cas, l'effort total peut en réalité être moindre, ce qui réduit le coût cognitif global de la tâche en question. Plus spécifiquement, le fait que tout artefact devant être culturellement partagé pour pouvoir être mobilisé, implique une dimension

⁵⁴ Hutchins (1995, p. 114) donne l'exemple suivant : une rose des vents existe de manière « neutre » en elle-même, mais devient un calculateur des marées seulement en interaction avec l'établissement d'un port et avec une manière particulière d'observer le cercle des directions, en tant que représentation de la relation temporelle entre les cycles périodiques du soleil et de la lune (plusieurs connaissances séparées, ici l'usage de la rose des vents et la mécanique des marées sont nécessaires afin de produire une nouvelle connaissance concernant la prédiction des marées).

collective et socioculturelle, que la tâche soit individuelle ou collective (D'Andrade, 1981, 1989 ; Hutchins, 1995). C'est pourquoi la conduite de toute activité, notamment lorsqu'elle est instrumentée, implique un « **référentiel général** dans lequel les observations spécifiques qui sont locales dans le temps et dans l'espace sont projetées en avance » (Hutchins, 1995, p. 168), c'est-à-dire distribuée à travers le temps. Nous sommes ainsi dans une dialectique entre la non-localité des artefacts *versus* la localité de l'observation ou de l'activité en situation (les disponibilités locales).

L'expérience préalable accumulée joue aussi le rôle d'un artefact cognitif mobilisable (telle une disponibilité *off-line*) au sens qu'elle va, au moment du processus cognitif en situation : 1) réduire le coût cognitif de manière différée dans le temps, 2) modifier les processus cognitifs, 3) participer de manière incrémentale à la construction culturelle identitaire afférente aux champs disciplinaire, professionnel, de l'activité concernée (Lave et Wenger, 1991). Cela renvoie à la distinction dichotomique entre le savoir-faire dans un domaine d'une part et la dimension éthique et non tangible d'autre part, comme exposé chez les chercheurs sur l'identité professionnelle (Perez-Roux, 2011), cette distinction devenant alors une dialectique, et non plus seulement un rapport de simple complémentarité, entre savoir-faire et valeurs. Le savoir-être, afférant aux dimensions culturelle et sociale, est indissociable des deux autres types de savoirs (savoirs et savoir-faire). Ceux-ci ne sont pas hors sol : nous pouvons faire la distinction entre les savoirs et les savoir-faire, autrement dit entre les connaissances théoriques et les compétences (en tant qu'elles sont mises en œuvre, dans leur acception située, voir par exemple Vergnaud, 1991, ou Leplat, 2013), mais le savoir-être en tant que dimension identitaire et culturelle serait indissociable des deux autres. Cette construction culturelle se comprend comme une réalité incarnée dans le sujet, telle une inscription corporelle (Varela, Thompson et Rosch, 1993). Cette cognition incarnée, ou incorporation culturelle dans le sujet, va le « soutenir » cognitivement dans son activité quotidienne.

Une autre dialectique subsumée par la troisième propriété (rapport entre cognition et la construction culturelle identitaire) est la dialectique **localité vs. non-localité**, ou encore entre variants (les situations, les contingences locales) *vs.* invariants (les constructions culturelles artefactuelles transmises dans le temps et utilisées dans les activités, voir Hutchins, 1995, p. 166).

Bien qu'un certain nombre de travaux commencent à prendre en compte la dimension temporelle dans une approche distribuée de la cognition (Hollan et Stornetta, 1992, Kirsh,

2010⁵⁵), Morgagni (2011) précise que les approches contemporaines de la cognition⁵⁶, « peinent à prendre en compte les problèmes liés à la perception et à l'émergence temporelle du sens et des valeurs identifiés » (p. 256). Nous voudrions relativiser ces propos en ce qui concerne l'approche distribuée et culturelle de Hutchins (1995), qui inclue précisément une distribution temporelle, comme corollaire consubstantiel de tout phénomène cognitif, puisqu'il est culturel. Cette temporalité a aussi été développée par Gaver (1991) avec une analyse séquentielle et imbriquée (*nested*) en cascade, des affordances, suivant quelque peu la logique du schéma culturel d'ordre chez Hall (1959/1984). De ce point de vue, une compatibilité ontologique serait possible entre la cognition distribuée et l'affordance (Simonian, 2022), notamment en termes d'ordonnement des affordances qui permettrait l'action épistémique et pragmatique :

[...] il nous est possible d'inférer qu'il est possible d'établir avec [l'environnement sémiotique] un certain type d'interaction spécifique. [...] Construire des nouvelles affordances signifie pour un sujet parvenir à élaborer les éléments d'un environnement sémiotique dans le cadre d'une configuration particulière ouvrant à de nouvelles inférences de disponibilité à l'action (Morgagni, 2011, p. 262).

2.6. La distribution du travail cognitif dans une organisation

Un principe fondamental dans l'approche socialement distribuée de la cognition, consiste à considérer la propriété du groupe comme différente de la somme des propriétés de chaque individu. Le travail cognitif distribué à l'intérieur d'un groupe implique la distribution de deux types de travail cognitif : la tâche elle-même et la cognition qui gouverne la coordination des éléments de la tâche.

Dans la distribution sociale du travail, le savoir n'est pas compris dans chaque individu, que ce dernier met à disposition du système cognitif : « le savoir est partagé de manière intersubjective entre les membres » (Hutchins, 1995, p. 219). Le savoir permet aux individus de coordonner leurs actions en partageant les mêmes significations des objets et des actions en cours. Autrement dit, lorsque deux individus coordonnent leur travail cognitif respectif, une partie de ce que fait l'un est compris par l'autre. Ce principe inséparable de la cognition distribuée est exprimé de la manière suivante par Hutchins (1995) : « Dans leur communication et dans leurs

⁵⁵ Par l'exemple que Kirsh (2010) donne, lorsqu'un individu doit se rendre à un rendez-vous dans le futur, il peut utiliser des signaux temporels tels que des horloges ou des calendriers pour organiser ses actions et se préparer à l'avance

⁵⁶ « Plusieurs approches cognitives, dites de seconde génération, [...] élargissant au fur et à mesure les processus cognitifs en dehors du cerveau et du corps humain (Clark, 1997 et 2008 ; Hollan, Hutchins & Kirsh, 2000 ; Hutchins 1995 ; Noë, 2004 et 009 ; O'Regan & Noë, 2001 ; Varela, Thomson & Rosch, 1991) » (Morgagni, 2011, p. 256).

actions conjointes, les membres de l'équipe [...] se superposent au réseau de médias computationnels matériels. Ils fournissent le tissu connectif qui déplace l'état représentationnel à travers les outils du métier » (p. 219). Il apparaît donc que l'état représentationnel renvoie au processus sémiotique mis en œuvre lorsque le sujet mobilise un savoir en situation. Une partie du savoir se transmet de situation en situation à travers différents états représentationnels. Se retrouvent ainsi construits des **systèmes cognitifs locaux fonctionnels**, qui vont participer à propager l'état représentationnel du processus cognitif à travers le réseau global de systèmes locaux, par l'action individuelle de chaque membre du réseau. D'où l'importance également de la communication (verbale et non verbale) dans le travail collaboratif, dont une grande partie se fait par observation des actions des autres. C'est cette propagation de l'état représentationnel d'un processus cognitif qui instaure une continuité dans le travail en équipe. Cela produit une superposition d'une partie des tâches entre les différents systèmes fonctionnels locaux : « Ce type de distribution des connaissances chevauchantes est caractéristique du travail coopératif et constitue une source importante de la robustesse de tels systèmes face aux erreurs et aux interruptions » (Hutchins, 1995, p. 221). Ce chevauchement implique que chaque agent des microstructures (les systèmes cognitifs fonctionnels locaux) est responsable de « transférer » le processus cognitif dans le réseau, à un autre système cognitif local, ainsi de suite. Ce serait ces dépendances sociales qui assureraient la robustesse des systèmes cognitifs distribués, ainsi que le contrôle de la structure globale, ce qui tend à démontrer l'existence d'un lien entre la structure sociale des systèmes cognitifs (le statut des membres, leur reconnaissance mutuelle, ou « capital » socioculturel), et sa structure computationnelle (le « capital » culturel de chaque membre).

La structure du réseau contraint culturellement le comportement des sujets : « On peut intégrer un novice qui possède des compétences sociales mais qui manque de compétences computationnelles dans un tel réseau et obtenir un comportement utile de la part de ce novice et du système » (Hutchins, 1995, p. 224). Cette contrainte structurelle-culturelle pour l'action du sujet est double : certaines de ces contraintes sont constituées par l'environnement technique et matériel et d'autres « se trouvent dans l'environnement sous la forme des comportements des autres membres de l'équipe » (Hutchins, 1995, p. 313). Ces contraintes interactionnelles sont d'ordre discursives, culturelles, comportementales, et « mises en œuvre dans les relations sociales et peuvent être apprises sous la forme de schémas d'interaction sociale » (Hutchins, 1995, p. 313), de sorte qu'un novice, puisse, *a minima*, procéder par imitation, mettre en œuvre un processus cognitif sans nécessairement connaître et comprendre en profondeur les

spécifications techniques de la tâche. La contrainte culturelle est étroitement liée au comportement social de ces sujets, notamment parce qu'une bonne partie de ce qui est requis d'eux est disponible dans les relations sociales : « Le monde de la tâche est construit de telle manière que ce qui est socialement et "conversationnellement" approprié de faire, compte tenu des outils disponibles, est également la chose correcte à faire d'un point de vue computationnel » (Hutchins, 1995, p. 224). Cela renvoie à l'intégration culturelle et sociale par l'activité pratique (apprenante) située (Lave et Wenger, 1991). Il serait ainsi possible de découvrir ce que l'on est « réellement » en train de faire, pendant le processus lui-même, c'est-à-dire durant le cours d'action de cette tâche. Les compétences nécessaires à l'exécution de la tâche peuvent alors n'avoir au début que des significations et fonctions sociales pour le novice (dans une phase de participation périphérique légitime, Lave et Wenger, 1991), ces compétences restant tout de même nécessaires d'un point de vue fonctionnel et computationnel pour le système dans son ensemble. Dans cette même logique fonctionnaliste, les aspects discursifs des sujets au travail possèdent alors comme fonction principale d'auto-réguler et de réguler le travail.

2.7. L'évolution culturelle d'une organisation : une dialectique entre apprentissage individuel et apprentissage du système

Les effets des propriétés cognitives observables au niveau du groupe « ne sont pas produits uniquement par la structure interne des individus, ni uniquement par la structure externe aux individus » (Hutchins, 1995, p. 262), elles sont produites par l'interaction entre ces structures internes et externes, en ce que cette interaction *produit* une culture située par l'organisation sociale de la cognition distribuée. Possiblement, c'est cette incrémentation de produits culturels qui rend possible le fait que ce que peut réaliser un groupe, en termes de tâches cognitives, est supérieur à ce que peut produire chaque membre séparément. Ce « gain » est le produit d'une pratique collective localisée : à ce titre, Roberts (1964) et D'Andrade (1981) ont souligné que « même la culture la plus simple contient plus d'informations que ce qu'un individu pourrait apprendre dans une vie » (Hutchins, 1995, p. 262). Ainsi, « les tâches d'apprentissage, de mémorisation et de transmission des connaissances culturelles sont inévitablement distribuées » (Hutchins, 1995, p. 262), spatialement et temporellement.

Dans ces conditions, une distribution temporelle de la cognition se ferait via l'apprentissage participatif légitime (de la périphérie vers le centre) (Lave et Wenger, 1991), dans une dialectique entre l'expertise du système et l'expertise des individus. On passe ainsi de novice à expert, grâce au chevauchement des connaissances dans le système. L'activité d'un individu est

distribuée temporellement de proche en proche, ou de moments socio-pratiques en moments socio-pratiques. Au sein de ce système cognitif socialement distribué, « la connaissance des tâches de niveau débutant est représentée de manière plus redondante, tandis que la connaissance des tâches de niveau expert est représentée de manière moins redondante » (Hutchins, 1995, p. 266), ce qui par ailleurs confère à l'expertise une plus grande valeur à mesure qu'elle ne croît. Pourrions-nous avancer qu'une partie au moins de ce qui constitue une culture locale provient d'un partage de savoirs et de compétences, comme autant de bien partagés socialement, par le biais de ces chevauchements de pratiques et de connaissances théoriques entre individus ?

Le corollaire du précédent exposé (« l'essor » expérientiel de l'individu dans une organisation) est double : 1) d'abord, comme nous l'avons vu, il est supposé que l'apprentissage social et par observation est prépondérant dans une logique de participation périphérique et centrale des sujets dans l'organisation ; 2) ensuite, les processus cognitifs ne peuvent être désancrés des conditions sociomatérielles de leur émergence : ils sont situés dans un environnement sociotechnique distribué, ce qui rend les processus cognitifs interdépendants des processus sociaux et recognitionnels. Ce dernier point implique pour Hutchins (1995) deux considérations principales : d'abord, « les compréhensions des novices concernant les relations sociales sur le lieu de travail constituent un modèle partiel des dépendances computationnelles de la tâche elle-même » (p. 283). Autrement dit, le fait pour un nouvel arrivant dans une organisation de se familiariser avec la structure et la qualité des relations sociales (cf. le capital social structurel et relationnel chez Nahapiet et Ghoshal, 1998), revient à comprendre le fonctionnement de cette organisation et une partie du travail cognitif (cf. le capital social cognitif chez Nahapiet et Ghoshal, 1998) qui est exécuté par les membres et caractéristique de cette organisation. Ensuite, les actes de communication à l'intérieur de cette organisation constituent le travail computationnel lui-même (Hutchins, 1995) : les processus computationnels et les processus sociaux sont inextricablement liés, les actions sociales entraînant des conséquences à la fois computationnelles et sociales, et inversement.

La distribution sociale de la cognition implique principalement une approche sociale de l'apprentissage, qui peut prendre une partie de ses racines épistémologiques dans les théories de Vygotsky (1981) : « Lorsque nous parlons d'un processus, le terme "externe" signifie "social". Toute fonction mentale supérieure était externe car elle était sociale à un certain moment avant de devenir une fonction interne, véritablement mentale. Elle était d'abord une relation sociale entre deux personnes » (p. 162). La cognition distribuée est étroitement liée à

la dialectique entre les processus d'internalisation/externalisation, que l'on retrouve dans la tradition socioconstructiviste : la cognition distribuée comme cadre théorique « offre un nouvel endroit où chercher des mécanismes qui façonnent à la fois le développement ontogénétique et phylogénétique de la socialité » (Hutchins, 2020, p. 398).

Lorsqu'un individu évolue dans sa trajectoire de carrière à l'intérieur d'une organisation de travail, les informations qu'il incorpore suivent la même trajectoire et modifient l'organisation au niveau cognitif et informationnel: « les changements qui se produisent à l'intérieur d'un individu en conséquence de l'apprentissage sont des adaptations d'une partie d'un système dynamique plus large à l'organisation ou à la structure présente dans d'autres parties du système » (Hutchins, 1995, p. 310). Ce couplage structurel entre les sujets et le système distribué implique bien une double dynamique cognitive ascendante (*bottom-up*) et descendante (*top-down*). Cette **immanence**, cet ancrage de la cognition dans les conditions sociomatérielles de son émergence, due notamment aux vecteurs ascendants, impose un situationnisme méthodologique comme corollaire de l'approche distribuée de la cognition.

2.8. La cognition distribuée dans un contexte réticulaire d'apprentissage

Certaines approches prennent en compte le contexte réticulaire de notre société où la connexion (synchrone, asynchrone) entre les individus est devenu le paradigme sous-jacent non seulement des rapports humains (sous la forme de projet, cf. Boltanski et Chiapello, 1999) mais également de l'apprentissage⁵⁷. Les autres, et le réseau constitué par les autres, sont fondamentaux dans la construction de l'apprentissage au point que certains considèrent le contenu pédagogique comme un « prétexte » (Downes, 2012)⁵⁸.

Dans la théorie socioconstructiviste, le réseau exerce sur les sujets des effets propres (le

⁵⁷ Pour les fondateurs du courant connectiviste (Siemens, 2005 ; Downes, 2008), la connaissance à acquérir émerge par l'activité d'un groupe d'individus. Partant, une manière de construire les apprentissages serait alors de produire des réseaux d'apprenants « plus riches et plus denses » (Reich, 2020, p. 80). Le concept de *Community of Inquiry*, ou « communauté d'enquête » (Garrison, Anderson et Archer, 2000), qui modèle l'expérience d'apprentissage par la conjugaison d'une présence triple (cognitive, sociale de la part des apprenants, puis celle de l'enseignant), montre bien selon nous comment un apprentissage expérientiel se fait dorénavant en réseau. D'après Reich (2020), ces théories montrent que « les apprentissages les plus efficaces ont lieu lorsque les apprenants se connectent avec d'autres personnes et ressources, en support à l'enquête » (p. 80).

⁵⁸ Pour Downes (2012), le contenu pédagogique proposé par l'enseignant est en fait un « McGuffin », ou un prétexte : dans le langage cinématographique, il s'agit d'un « élément de l'intrigue sur lequel le scénariste focalise l'attention du public, et bien souvent des personnages, et qui le(s) détourne des véritables enjeux dramatiques. Ce qui importe, ce n'est pas tant cette carotte narrative que les péripéties qui en découlent » (Lenoir, 2011, voir : <https://www.focus-cinema.com/4118941/le-mcguffin-explique-par-alfred-hitchcock/>).

« medium est le message », McLuhan, 1966), en tant qu'environnement structurant. C'est en ce sens que le connectivisme ne peut être vu simplement comme une agrégation des théories antérieures de l'apprentissage. Pour Reich (2020), le connectivisme est à ce titre en communalité avec l'apprentissage situé dans les communautés de pratique de Lave et Wenger (1991), en ce que la participation périphérique légitime peut se réaliser dans le cadre d'activités pédagogiques en réseau, dans le cadre de communautés virtuelles (Daele et Charlier, 2006), jusqu'à ce que l'individu atteigne « le centre » de ce réseau par le développement de son expertise. Le capital social joue dans cette logique un rôle crucial dans le développement des pratiques individuelles : en écho à des travaux en sociologie (comme chez Blasius et Friedrichs, 2003), le capital culturel (les compétences développées, les savoirs acquis), ne peut se transformer en un autre type de capital (économique, par exemple), qu'à la condition d'un catalyseur social (le capital social). De ce point de vue, les théories de l'apprentissage gagneraient à tenir compte de la distribution sociale de la cognition. L'apprentissage situé et le connectivisme ont ceci en commun qu'ils constituent des approches pédagogiques qui sont toutes deux « attentives aux dimensions sociales et culturelles de l'apprentissage » (Reich, 2020, p. 82), et sont alors potentiellement miscibles dans une approche distribuée de la cognition⁵⁹.

2.9. Distribution sociale de l'activité

2.9.1. La reconnaissance intersubjective comme attribut de la distribution sociale de la cognition

L'approche énative de la cognition sociale se focalise sur « l'émergence de la création de sens ou de la signification [*sense-making*] dans les dyades et les triades entre les humains, dans lesquelles des interactions corporelles sociales émergentes, créatives et coréglées servent de base à la compréhension sociale et à la cognition sociale » (Lindblom, 2020). Le rôle des autres est central dans une perspective étendue, distribuée et incarnée de la cognition⁶⁰. Il est ici

⁵⁹ Une autre théorie, celle de l'apprentissage connecté de Ito et al. (2013), stipule également que l'apprentissage est socialement ancré (*socially embedded*) et sous-tendu par un intérêt envers un objet (*interest-driven*) et supporté par les pairs (*peer-supported*). C'est un apprentissage qui fournit également l'opportunité de connexions scientifiques autant avec les pairs qu'avec des experts du domaine (les enseignants). Il faut pour cela que l'apprenant soit en mesure de donner un sens immédiat à cet apprentissage (un intérêt situationnel tourné vers l'obtention d'une sanction académique via un diplôme), mais aussi un sens plus distal via des objectifs à long terme en termes d'opportunités professionnelles et d'engagement civique potentiel (Ito et al., 2013).

⁶⁰ Pour Gordon et al. (2021) : « Les études sur la prise de décision incarnée [*embodied decision-making*] ciblent

possible d'avancer que la connaissance procéderait d'une distribution sociale de la signification qui lui est afférente.

Il y aurait des « zones communes » dans la distribution d'une tâche cognitive (Hutchins, 1995), favorisant le partage des connaissances du moment que le sujet est capable de conscientiser ce que l'autre perçoit d'une chose présente à lui dans le même espace phénoménal, mais aussi capable de déduire ce que l'autre conscientise de sa propre perception des mêmes objets. Ce dernier principe requiert une « supposition réciproque de rationalité », (Habermas, 2001, p. 20) entre les individus. Pour que la cognition puisse se distribuer au sein d'un groupe, ou d'un réseau social, il est nécessaire que la rationalité soit partagée entre les sujets et reconnue comme telle (cela renvoie à la sociologie des épreuves de Boltanski et Thévenot, 1991, stipulant que la reconnaissance de la rationalité de l'autre constitue le fondement de tout acte discursif, quel que soit le régime de justification, mais aussi à l'agir communicationnel d'Habermas, 2001). Une approche distribuée de la cognition suppose que les sujets partagent un dénominateur commun rationnel (Tomasallo, 1997 ; Heintz, 2011 ; Cicourel, 2011). Le processus de signification peut alors se distribuer dans un réseau perceptivo-cognitif. Il est une « construction sociale », non compris dans une épistémologie constructionniste de la réalité (Berger et Luckman, 1966), mais en ce que cette construction intègre les autres dans un référentiel social du savoir des autres (on infère culturellement le savoir des autres).

Puisque ce que font les uns, dans un système de distribution cognitive du travail, serait observable par les autres, le travail pragmatique effectué par le sujet peut « à la fois faire partie de son traitement cognitif privé et un élément de communication » (Hutchins, 1995, p. 236) envers les autres membres du groupe concernant la tâche à accomplir. Cela permet à certains aspects des processus cognitifs individuels d'être observés par les autres.

2.9.2. La distribution sociale de la cognition : une production culturelle locale ?

Dans le cas d'un travail partagé avec des pairs, donc de processus cognitifs partagés, l'unité d'analyse est groupe de sujets-artefacts. Lorsque deux personnes travaillent en coordination, l'état représentationnel d'un artefact est propagé dans ce système cognitif ainsi constitué : ce qui est en coordination, « est plus grand que ces deux personnes ou les structures de

parfois [...] des situations interactives, comme les décisions conjointes (Pezzulo et al., 2021b) et les actions conjointes, soit collaboratives, comme pour saisir quelque chose ensemble, soit compétitives, comme dans les arts martiaux (Candidi et al., 2015 ; Pezzulo et al., 2013 ; Pezzulo et Dindo, 2011 ; Sebanz et al., 2006 ; Yamamoto et al., 2013). Ces études révèlent comment les processus de décision et d'action de deux (ou plusieurs) co-acteurs sont interdépendants et comment ils peuvent s'aligner au fil du temps, en particulier lorsque les deux peuvent s'engager dans une communication sensorimotrice (non verbale) réciproque (Pezzulo et al., 2018) » (p. 727).

connaissance de ces deux personnes » (Hutchins, 1995, p. 158). Ce qui est en jeu ici, c'est leur mémoire de travail partagée : les informations sont inscrites dans la mémoire de travail des personnes travaillant en coordination, comme si la charge cognitive de la mémoire de travail était distribuée dans le système (socialement entre les deux personnes). Resnick (1991) précise que la distribution sociale de la cognition détermine la nature du processus cognitif partagé. Ce processus détermine la performance d'un individu dans un contexte particulier (Resnick, 1991 ; Kirsh, 1995) où il est constaté une surdétermination du social sur l'activité cognitive et que tous les artefacts sont imprégnés d'une histoire et d'une tradition intellectuelle qui ne sont pas socialement neutres (Simonian, 2022). La distribution sociale de l'activité (instrumentée) vise à rendre apparents les processus cognitifs en jeu, « les comportements sociaux eux-mêmes [pouvant] être analysés en tant que processus cognitif » (Heintz, 2011, p. 277).

2.9.3. Distribuer socialement le coût cognitif

Du point de vue social, lorsque l'effort à fournir se fait dans un cadre coopératif ou compétitif, il est nécessaire pour le sujet de ne pas prédire uniquement sa propre performance mais également celle des autres (Rigoli et Pezzulo, 2022), ce qui détermine l'intention d'allocation d'un effort cognitif d'un travail en coopération. Le sujet s'attend à un certain niveau d'investissement et de performance de la part de ses pairs et, donc, peut évaluer à la baisse son propre investissement, en comparaison avec l'investissement du collectif. Cela conduit à une distribution de l'effort cognitif sur le groupe. Dans le cas d'une tâche collaborative dans un contexte académique, cela peut entraîner un risque de sur-distribution sociale du coût cognitif : si chaque étudiant surestime l'investissement consenti par les autres, alors chacun produira moins d'effort cognitif essentiel à la bonne conduite du projet pédagogique.

Granjon et Lelong (2006) rappellent que pour Putnam, dans son célèbre *Bowling Alone* (2000), le capital social des individus contribue à réduire le coût des transactions de leurs activités et affectent le coût de leur productivité, individuellement et en tant que groupe. Cette observation fait écho avec un principe de la cognition distribuée socialement : le coût cognitif d'une tâche est partagé (puisque distribué) par les membres d'un groupe. De plus, l'analyse d'Hutchins (1995) conduit à penser que la nature même du processus cognitif change en fonction des dispositions (spatiales, individuelles) des membres du groupe et sans doute selon la taille du groupe : jouer en coopération à un jeu vidéo, ne requiert pas les mêmes habiletés ou stratégies cognitives que jouer seul (cela modifie la manière de synchroniser les gestes, d'explorer l'environnement, etc.).

Il y aurait donc à distinguer la structure générale des relations (leur nombre, leur étendue), de leur qualité (statut social des membres du réseau, ou alors leurs compétences, ou leur capital culturel), ce que font notamment Nahapiet et Ghoshal (1998) en distinguant le capital structurel du capital relationnel. D'où l'importance de la qualité du lien social, par rapport à la quantité : un réseau très distribué peut conduire à moins d'effets bénéfiques pour l'individu (en termes d'insertion, d'apprentissage, etc.), qu'un réseau moins distribué mais **mieux distribué**, c'est-à-dire que les « nœuds » sont moins nombreux mais plus à même d'être convertis en résultats bénéfiques pour l'individu.

Nous avons montré (Chaker et Impedovo, 2021) que le capital social (en termes de sentiment d'appartenance à une communauté d'apprenants en ligne), modère le coût de l'auto-régulation du travail individuel, et de la corégulation (telles que la prise de décisions et l'évaluation collectives des contenus). Le capital social catalyse ainsi la productivité (Granjon et Lelong, 2006). En comprenant la nature de leurs tâches, les membres d'une équipe sont susceptibles de faire l'hypothèse qu'ils possèdent des connaissances uniques que les autres n'ont pas, et grâce au partage des connaissances, chaque sujet peut non seulement contribuer à l'exécution de la tâche, mais aussi en réduire la charge cognitive (Dong et al., 2017). Cette approche est soutenue par le principe de transaction de la mémoire, qui fait référence aux connaissances des membres individuels d'un groupe, associées à une prise de conscience de la répartition de ces connaissances (Wegner, 1987). Le système de mémoire transactionnelle permet à tous les membres de l'équipe de savoir qui sait quoi au sein de l'équipe (et qui fait quoi). Il permet aussi de localiser et récupérer des informations qui seraient autrement indisponibles pour eux (Liang, Moreland et Argote, 1995). Cette approche informationnelle de la cognition rejoint le principe de la distribution cognitive, en ce que l'environnement permet surtout au sujet de repérer d'abord « où sont les informations », ou « chez qui », avant de savoir « quelles sont ces informations » (Chiappe et al., 2015).

3. Mémoire de travail et théorie de la charge cognitive *in the wild*

La théorie de la charge cognitive⁶¹ intègre la distinction établie par Geary (2008) entre les informations primaires (connaissances essentielles pour la résolution de problèmes, l'autorégulation, l'acquisition du langage et d'autres capacités cognitives qui se sont développées au fil de l'évolutions) et les informations secondaires pour classer les différentes catégories de connaissances. Les types de connaissances primaires se caractérisent généralement par leur nature générique plutôt que par leur spécificité à un domaine particulier (Sweller, 2015) et sont étroitement influencées par l'environnement culturel dans lequel nous nous développons⁶². Les connaissances primaires biologiques ont tendance à être acquises facilement, quelle que soit leur complexité, sans que cela impacte la mémoire de travail⁶³. En raison de leur importance évolutive, ces connaissances sont acquises sans nécessiter d'instructions explicites, ce qui limite leur adaptabilité à des interventions pédagogiques (Castro-Alonso, Ayres et Paas, 2015). Quant aux connaissances secondaires, elles englobent des informations jugées significatives au sein d'un contexte culturel et social spécifique. L'acquisition de telles connaissances requiert un effort conscient de la part de l'apprenant et des directives explicites de la part des enseignants ou formateurs (Kirschner et al. 2006 ; Sweller et al. 2007, cités par Castro-Alonso, Ayres et Paas, 2015), et concepteurs d'environnements d'apprentissage. Contrairement aux aptitudes génériques généralement associées aux connaissances biologiquement primaires, les habiletés secondaires sont souvent spécifiques à des domaines particuliers (*domain-specific*) (Tricot et Sweller, 2014, cités par Castro-Alonso, Ayres et Paas, 2015).

Concrètement, il s'agit, pour nous, de résoudre des problèmes (cognitifs, sociaux) spécifiques,

⁶¹ La théorie de la charge cognitive décrit l'investissement des ressources cognitives en mémoire de travail lors des apprentissages, en les divisant en trois catégories : les charges cognitives intrinsèque, extrinsèque et utile (Sweller, Van Merriënboer et Paas, 2019, cités par Puma et Tricot, 2021). La charge utile, ou pertinente, (*germane load*) fait référence aux caractéristiques du sujet, plus précisément aux ressources de la mémoire de travail que le sujet consacre à la charge cognitive intrinsèque associée à la tâche (Paas, Renkl et Sweller, 2003), pour « transférer les informations maintenues en mémoire de travail vers la mémoire à long terme » (Puma et Tricot, 2021, p. 3). Certains chercheurs suggèrent que la charge pertinente est liée à des processus métacognitifs (Valcke, 2002 ; Young et al., 2016).

⁶² Il s'agit par exemple de l'apprentissage de l'écoute et de la parole, de l'apprentissage de la reconnaissance des visages, ou de processus cognitifs génériques tels que la résolution de problèmes en utilisant la connaissance des problèmes connexes (Sweller, 2016).

⁶³ Nous reconnaissons par exemple un visage familier, ou marchons sans se focaliser sur les points du visage ni au mouvement des jambes.

se présentant à nous sous forme de tâches⁶⁴ : un enseignant qui doit trouver comment utiliser des nouveaux outils numériques mis à sa disposition, doit apprendre à s'orienter dans un nouvel environnement de travail⁶⁵.

3.1. Charge cognitive et cognition incarnée

Pour Wilson (2002), les humains ont tendance à chercher à décharger (*offload*) le travail cognitif à l'extérieur du cerveau de manière stratégique. La cognition incarnée propose que lorsqu'on utilise le corps dans un processus de déchargement de la mémoire à court terme, l'usage du corps lui-même engage des processus corporels (*bodily*)⁶⁶ qui participent de l'apprentissage : apprendre avec le corps ne produit pas les mêmes effets qu'apprendre avec

⁶⁴ Par exemple, s'orienter pour la première fois dans le métro d'une grande ville européenne pour un immigré irakien (il s'agit ici des tâches faisant appel à des capacités d'orientation, de lecture d'une carte, de déchiffrement d'une langue nouvelle et des signalisations, etc.). Il arrive que ces exigences cognitives, largement incorporées par l'individu dans son milieu culturel d'origine, changent de cadre et passent de compétences primaires à secondaires parce que l'on doit réapprendre ces codes culturels dans un nouveau milieu. Schütz (1987) a détaillé sa propre expérience d'immigré aux Etats-Unis. Ce qui « allait de soi » dans son pays d'origine, devenait un objectif d'apprentissage formel dans son nouvel environnement : « il ne peut plus utiliser dans son nouvel environnement, comme schème d'identification, d'interprétation et d'orientation, la connaissance de sens commun dont il se servait dans son ancien groupe et à laquelle il accordait foi » (Quéré, 2011, p. 241), qui menait cet individu à des erreurs de cadrage. Il y a donc des « cadres primaires », qui sont reconnus par l'immigré dans toute situation (des gens qui mangent, qui marchent, qui ont peur, etc.), ainsi que des « cadres secondaires », qui peuvent poser des difficultés aux individus (comme des nouveaux arrivants) du fait des spécificités socioculturelles d'un environnement. L'apprentissage de reconnaissance et les processus d'adaptation à ces nouvelles situations, vont alors nécessiter de la part de l'individu un réel travail cognitif actif.

⁶⁵ En pratique, les contextes d'apprentissage formel tel que le contexte scolaire, académique, etc., constituent des cadres dans lesquels les professionnels de l'éducation et de la formation vont concevoir des environnements, des ressources, des outils d'acquisition de connaissances et compétences considérées comme biologiquement secondaires (Sweller et Sweller, 2006). Le cadre théorique de la charge cognitive étudiant la conception pédagogique dans de tels contextes intègre, parmi d'autres principes, celui d'organisation et d'association environnementale. En exploitant les indices environnementaux, une quantité illimitée d'informations peut être transférée de la mémoire à long terme à la mémoire de travail, permettant ainsi la génération d'actions appropriées en fonction du contexte actuel (Castro-Alonso, Ayres et Paas, 2015). Ainsi, dans le mécanisme d'externalisation des processus internes, nous sommes limités par la capacité immédiate de notre mémoire de travail à récupérer les informations présentes dans notre mémoire à long terme, autrement dit, dans les cognitions incorporées. Une situation sociale alignée avec nos cognitions incorporées, autrement dit dans notre mémoire à long terme, demandera peut-être de nous moins de tâches sociales à résoudre *on-line*, ce qui participera à alléger la charge cognitive. A l'inverse, plus la situation est inconsistante, plus la mémoire de travail sera peut-être sollicitée par ces processus cognitifs *on-line*, dans la résolution de problèmes immédiats, faisant appel à des ressources de différentes natures (internes, environnementales, attentionnelles, etc.).

⁶⁶ Selon le modèle de Gordon et Ramani (2021), alléger la charge cognitive revient ainsi à alléger les ressources mnésiques associées, par leurs fonctions exécutives. Elles rappellent que les enfants utilisent plus de gestes lorsqu'ils sont confrontés à une demande explicite de mémoire de travail (Delgado et al., 2011, cités par Gordon et Ramani, 2021). Dans un environnement numérique, des enfants de 9 ans ont regardé un avatar numérique donner des instructions sur l'équivalence mathématique, avec ou sans gestes d'accompagnement (Cook et al., 2017). Les enfants qui ont vu l'avatar gestuel ont appris davantage, ont résolu les problèmes plus rapidement et étaient plus susceptibles de généraliser leurs connaissances, que le groupe contrôle sans gestuelles. Ainsi, l'observation de gestes, produit de meilleurs résultats, que cela soit par l'enseignant ou un avatar informatique.

des objets externes présents dans l'environnement⁶⁷. « Poser » une information dans « l'environnement corporel » aurait alors un double effet : 1) celui de savoir où l'information se trouve dans une logique distribuée de la cognition, cette information étant externalisée, donc selon un état représentationnel spécifique (ancré) ; 2) un effet propre, incarné, de la cognition par le fait d'utiliser son propre corps comme référentiel⁶⁸. L'approche vicariante, par observation des gestes d'autrui, montre des effets spécifiques sur la rétention d'information et l'apprentissage⁶⁹.

3.2. Décisions et charge cognitive *in the wild*

Bien que l'utilisation des modèles expérimentaux classiques, en laboratoire, permettent la rigueur méthodologique, les tenants de la cognition située (Lave 1988, 1993 ; Suchman, 1987) partent du principe que « dans leur vie quotidienne, les agents ne raisonnent pas et ne calculent pas comme on le fait à l'école, en suivant les canons formels des mathématiques et de la logique » (Quéré, 1997, p. 172). L'utilisation des modèles expérimentaux classiques se concentrent de manière excessive sur des choix économiques, au sens classique du terme, alors qu'il existe bien d'autres types de choix tout aussi (ou même plus) fréquents dans la vie quotidienne (Gordon et al., 2021). Quelques tentatives ont proposé des pistes de compréhension et de recherches concernant le coût cognitif de nos actions dans les cadres de la vie quotidienne. Par définition, ces actions et ces cadres relèvent de contingences sociales, économiques, structurelles (au sens où elles sont inscrites dans l'environnement sociotechnique qui structure

⁶⁷ Concernant spécifiquement l'usage des gestes des parties du corps, en déplaçant ces informations hors de l'esprit et sur les mains, le geste est souvent analysé comme un processus par lequel le sujet peut alléger sa charge cognitive (Goldin-Meadow et al., 2001 ; Wagner et al., 2004).

⁶⁸ Dans le cas de l'apprentissage de la langue, Bara et Tricot (2017) rappellent que « pour que les gestes aient une influence positive sur la compréhension et la mémorisation du langage, il faut qu'ils en soient une représentation claire et partagée » (p. 21). En effet, « si le geste est déconnecté du mot auquel il correspond [...], on peut penser que le couplage action-perception-verbalisation n'aura pas lieu et n'aura pas l'effet positif attendu sur l'apprentissage » (p. 21). Cette dissonance cognitive peut conduire à une surcharge de la mémoire de travail au détriment d'un apprentissage incarné.

⁶⁹ Par exemple, les gestes que les enfants observent (Singer and Goldin-Meadow, 2005) pendant les instructions de mathématiques, ainsi que les gestes auto-produits (Broaders et al., 2007 ; Cook et al., 2008) contribuent à soutenir la cognition. Plus précisément, les enfants sont mieux à même d'apprendre, de retenir et de généraliser leurs connaissances en mathématiques lorsque ces informations sont représentées par des gestes qui accompagnent l'explication de l'enseignant (Goldin-Meadow et al., 2001 ; Cook et al., 2012). Lorsque les élèves sont autorisés à exécuter des gestes tout en expliquant leurs propres solutions à des problèmes mathématiques, cela libère la capacité cognitive pour traiter les tâches de mémoire secondaire (Goldin-Meadow et al., 2001).

notre environnement), ou naturelles⁷⁰. Dans l'activité quotidienne, Lancia et al. (2023) évoquent la possibilité que puisse exister un référentiel individuel construit avec le temps, qui offre un répertoire d'actions par défaut.

Le modèle InfoRL (Information Reinforcement Learning) constitue une approche théorique de l'information qui permet de formaliser le coût cognitif de l'élaboration d'un plan d'action. Les chercheurs expliquent que « plutôt que de chercher dans l'arborescence des itinéraires possibles, les gens peuvent partir d'un "plan par défaut" pour suivre un itinéraire bien connu (ou habituel) puis modifier le plan si nécessaire » (Lancia et al., 2023, p. 2). Cette stratégie est une ligne de conduite (*policy*), ou un principe d'action par défaut, appris (Piray et Daw, 2020). Dans cette perspective, le « plan par défaut » servirait d'ancrage lorsqu'il y a besoin de planifier l'action, « et tout écart par rapport à celui-ci entraînerait un coût (cognitif) » (Lancia et al., 2023, p. 2). Le modèle InfoRL⁷¹ considérant la planification comme un processus rationnel limité qui implique un compromis coût-bénéfice. Cette capacité de choix stratégique, rationnel, réfère à la capacité du cerveau à réutiliser des calculs précédents (Piray et Daw, 2020), donc à **des modèles du monde** incorporés. On se rend compte dans ce cas que la cognition peut s'ancrer à un référentiel non présent dans « l'ici et le maintenant », mais incarnée et disponible *off-line*.

Il est ici montré que les humains préfèrent les actions qui, de manière probabiliste, risquent de minimiser la surprise attendue, autrement dit l'incertitude afférente à une action. Lorsque l'environnement est familier, les sujets auront davantage tendance à suivre par défaut un itinéraire habituel bien pratiqué et incorporé (*embodied*), qui pourra être réactivé en situation sans utiliser de ressources cognitives importantes (Lancia et al., 2023, p. 4), plutôt qu'un chemin supposément moins coûteux et plus court (mais moins connu). Ce compromis peut être différent selon les personnes : il est possible de « moduler de manière flexible son investissement en ressources cognitives, en fonction des bénéfices à trouver le raccourci » (Lancia et al., 2023, p.

⁷⁰ Par exemple, Lancia et al. (2023) rappellent que « naviguer en ville ou dans d'autres environnements quotidiens conçus par l'Homme, ou même en nature, peut entraîner une quantité quasi-infinie de décisions » (p. 2). Ils proposent à ce titre d'analyser « le flux circulaire d'informations entre l'agent et son environnement, en particulier les informations obtenues de l'environnement au moyen de la perception et les informations impliquées dans le processus de sélection d'action » (p. 2), afin de comprendre les phénomènes de perception et d'action en condition écologique.

⁷¹ Le modèle InfoRL, qui relève donc d'un modèle rationnel limité, « souligne que l'objectif du planificateur n'est pas, ou pas toujours, de trouver l'itinéraire le plus court (c'est-à-dire maximiser la récompense), mais plutôt d'optimiser le compromis coût-bénéfice entre la recherche de l'itinéraire le plus court (c'est-à-dire maximiser la récompense) et en évitant l'effort cognitif (c'est-à-dire en minimisant les informations de contrôle). Il s'agit donc autant de maximiser la récompense, que, selon le principe de l'énergie libre (PEL), de minimiser la surprise (qui entraînera des coûts physiologiques, cognitifs, voire perceptifs). Selon le PEL, les actions sont sélectionnées à partir des plans qui vont contribuer à minimiser les erreurs de prédictions (en termes de résultats de l'action escomptée), ou la surprise attendue à l'issue de l'action (Friston, 2022)

6). Ici, nous pouvons constater plusieurs points de convergence avec la théorie de la charge cognitive et ses corollaires. Il apparaît clairement d'abord qu'une charge cognitive peut être rémunératrice : la théorie de la charge utile (*germane*) considère que l'on ne peut pas apprendre simplement en restant passifs. Il est nécessaire de produire une charge cognitive nécessaire à l'apprentissage, interprétation en lien avec les théories « nouvelles » de l'apprentissage qui postulent un apprentissage actif et expérientiel, plutôt que passif et transmissif. Ensuite, nous remarquons la convergence avec la nécessité d'individuer tout modèle prétendant expliquer la cognition humaine : l'expertise du sujet va influencer ses stratégies cognitives⁷², ainsi que les effets de l'environnement sur son engagement cognitif puis son apprentissage (cf. le principe du renversement dû à l'expertise, Kalyuga, 2019)⁷³. Il est ici intéressant de préciser que Vera et Simon (1993), contrairement à Kirsh (1995), estiment que le niveau d'expertise du sujet joue un rôle décisif dans la redéfinition du plan comme une référence normative et prescriptive, lors d'activités à haut risque⁷⁴. Ce qui, selon eux, rend impossible l'interprétation située et non-symbolique de l'action : pour eux, il existe une relation causale entre le plan et l'action, pendant le déroulement de cette dernière, et non pas seulement avant ou après (Suchman, 1987).

Une partie de la recherche en ergonomie adopte un situationnisme méthodologique afin d'étudier la conscience du sujet en situation (*situation awareness*, Endsley, 2012), autrement dit, la compréhension d'un sujet à propos de « ce qu'il se passe » lorsqu'il gère un système complexe et dynamique. La conscience qu'a un sujet de la situation dans laquelle il se trouve

⁷² Suchman (1987) à ce titre donne l'exemple de la descente en canoë : selon elle, si le pagayeur est en mesure d'élaborer un projet pour sa descente en simulant les mouvements de son canoë et en prévoyant l'impact de certaines variables environnementales (comme le courant, le contre-courant, les remous, etc.), cette planification est plus ou moins abandonnée lorsqu'il est confronté à la réalité de l'environnement et doit répondre à ses sollicitations. Dans cette optique, la fonction du projet n'est pas d'assurer la réalisation de la descente de la rivière, mais plutôt de guider le pagayeur de manière qu'il soit dans les meilleures conditions possibles pour mettre en pratique ses compétences et son savoir-faire en matière de maîtrise du canoë.

⁷³ Le modèle InfoRL intègre également les limites individuelles en termes de ressources cognitives : la rationalité est ainsi limitée par cette expertise, ce niveau de connaissances préalables (auquel s'ajoute le plan par défaut), qui vont entraîner le sujet à choisir entre une décision coûteuse ou non en fonction de la récompense potentielle. Il est nécessaire ici de préciser que, dans le cas de la navigation ou du déplacement dans un environnement, la récompense n'est pas nécessairement le trajet le plus court, mais bien d'optimiser le ratio bénéfices-coûts entre choisir le trajet le plus court et le coût cognitif potentiel engendré par ce choix. Optimiser le ratio bénéfices-coûts revient dans le PEL à minimiser l'incertitude, mais dans le modèle InfoRL ainsi que dans la théorie de la charge cognitive prenant en compte le niveau d'expertise du sujet, il se peut qu'il n'y ait pas de solution optimale unique au compromis coût-bénéfice. Dans le modèle InfoRL, le terme « optimal » fait référence à « la possibilité d'obtenir la récompense maximale à partir des informations de contrôle que l'on a investies, et non [au] niveau maximal de récompense disponible » (Lancia et al., 2023, p. 14). Il s'agit donc d'une optimalité relative, en fonction des contingences de la situation mais aussi des caractéristiques cognitives du sujet, mais dans tous les cas la focale est sur le résultat obtenu et non dans les ressources cognitives investies.

⁷⁴ Par exemple, lors d'une descente en canoë très risquée, pour un pagayeur expert (par définition, puisque les descentes difficiles ne peuvent être parcourues par des novices), le plan détermine fortement l'action en anticipant les difficultés qui seront rencontrées, sous peine de ne pouvoir atteindre les objectifs. A contrario, l'expert pourra éviter une étape minutieuse de planification et se fier à ses aptitudes de réponse en contexte

implique souvent, parmi d'autres stratégies, de *décharger* des informations dans l'environnement afin d'y accéder en cas de besoin (Chiappe, Vu et Strybel, 2012, cités par Chiappe, Strybel et Vu, 2015). Pour les auteurs, une grande partie de la conscience qu'a un sujet de la situation peut le conduire à ne pas mémoriser directement les informations, mais plutôt à appliquer une « étiquette » (*label*) symbolique aux informations pertinentes, ainsi que sur leur localisation, afin d'accéder à différents moments à des informations spécifiques présents dans l'environnement (Chiappe, Strybel et Vu, 2015). Plus encore, la conscience de la situation lors d'une tâche relèverait d'une connaissance quant à l'emplacement de l'information pertinente dans l'environnement, plutôt que de celle du contenu de l'information elle-même (Durso et al., 1998, cités par Chiappe, Strybel et Vu, 2015)⁷⁵. Dans cette logique, il est alors possible de concevoir l'environnement comme un réceptacle actif perceptif et cognitif d'une partie des informations dont les sujets ont besoin, afin de décharger une partie des coûts cognitifs afférentes à la tâche (Kirsh et Maglio, 1994 ; Ballard et collègues, 1997)⁷⁶. De ce point de vue, il est essentiel de rendre et/ou laisser les informations disponibles dans l'environnement accessibles au besoin, plutôt que de prendre le temps de les encoder complètement (Wilson, 2002). Pour Kirsh et Maglio (1994), les sujets procèdent ainsi par actions épistémiques : des actions physiques effectuées pour découvrir des informations cachées ou difficiles à calculer mentalement, et qui rendent le calcul mental plus facile, plus rapide et fiable, plutôt que pragmatiques⁷⁷ (actions effectuées pour se rapprocher physiquement d'un but, Friston, 2022).

⁷⁵ Hutchins (1995b) rappelle par exemple que les pilotes n'ont pas obligatoirement besoin de stocker dans leur mémoire à long terme la vitesse à laquelle les volets/lattes doivent être changés afin de maintenir des conditions de vol sûres, puisqu'ils peuvent facilement accéder à ces informations sur les bogues de vitesse affichés sur l'affichage de vol principal : le système se souvient des informations.

⁷⁶ Kirsh et Maglio (1994) ont montré dans une étude impliquant le jeu Tetris, que les joueurs utilisent des mouvements de rotation et de translation réels pour simplifier le problème à résoudre (construire des lignes avec des objets géométriques en opérant à des rotations en deux dimensions), plutôt que de calculer mentalement une solution puis de l'exécuter. Comme autre exemple, Ballard et collègues (1997) ont demandé à des sujets de reproduire des motifs de blocs colorés en faisant glisser des blocs dispersés au hasard sur un écran d'ordinateur dans une zone de travail et en les y disposant, le tout sous la pression du temps. Les mouvements oculaires de sujets ont montré des références répétées aux blocs dans le motif du modèle, et se sont produits à des moments stratégiques, comme pour recueillir des informations d'abord sur la couleur d'un bloc, puis plus tard sur son emplacement précis dans le motif. Les auteurs soutiennent qu'il s'agit d'une « stratégie de mémoire minimale », et ils montrent que c'est la stratégie la plus couramment utilisée par les sujets. Autrement dit, plutôt que de procéder par imagerie mentale, il était moins coûteux cognitivement d'opérer à des saccades oculaires rapides et répétées, aux moments stratégiques.

⁷⁷ Les chercheurs disent avoir été surpris de découvrir que beaucoup de joueurs ont développé une routine d'exécution de rotations additionnelles pour certaines pièces (Kirsh, 2019). Le but de cette rotation additionnelle était d'éviter de la faire mentalement et de rendre explicite (Kirsh, 1992) l'apparence d'une pièce selon plusieurs

3.3. Cognition distribuée et allègement de la charge cognitive

Une cognition distribuée irait donc de pair avec des processus cognitifs allégés (Zhang, 1997 ; Heintz, 2011) en déplaçant, « le lieu où les représentations sont produites et transformées de l'esprit à l'environnement » (Heintz, 2011, p. 287). Or, il ne s'agit pas d'une logique de « transvasement » où la charge cognitive serait allégée parce qu'une partie du travail serait déchargée dans l'environnement⁷⁸ : c'est plutôt le résultat d'une modification du processus cognitif.

Selon Hollan, Hutchins et Kirsh (2000), la théorie de la cognition distribuée identifie un ensemble de principes fondamentaux :

- Les personnes établissent et coordonnent différents types de structures dans leur environnement.
- L'effort est nécessaire pour maintenir la coordination.
- Les personnes déchargent l'effort cognitif sur l'environnement chaque fois que cela est possible.
- Il existe une amélioration de la dynamique de l'équilibrage de la charge cognitive disponible dans l'organisation sociale.

Lorsqu'un artefact en remplace un autre, le travail cognitif se trouve transformé, et donc la charge cognitive mobilisée dans l'usage de cet artefact se retrouve ensuite disponible pour

orientations. Il est plus rapide et plus facile d'opérer à réellement une rotation à 270° d'une pièce, que de l'imaginer lorsqu'il faut décider si cette pièce peut être encastrée dans l'espace adéquat : « Tourner physiquement une pièce prend entre 80 et 120 millisecondes par 90°, alors que la rotation mentale prend entre 250 et 400 millisecondes par 90° » (p. 136). Les joueurs plus experts n'ont pas besoin d'exécuter ces rotations additionnelles : les recherches de Destefano, Lindstedt et Grey (2011) confirment que lorsqu'ils deviennent experts, les joueurs n'ont plus besoin d'exécuter de rotations épistémiques (qui sont en fait souvent non nécessaires du point de vue pragmatique), tandis que les novices continuent d'utiliser des stratégies épistémiques afin d'éviter les erreurs. Un lien fort existe entre la rotation mentale et la rotation manuelle simultanée (Wexler, Kosslyn et Berthoz, 1998) : ainsi, les capacités spatiales, et en particulier la rotation mentale, peuvent également être considérées comme des processus cognitifs incarnés (Castro-Alonso, Ayres et Paas, 2015). Une étude menée par Chu et Kita (2011) a montré qu'à mesure que l'expertise pour résoudre les rotations mentales augmentait, la fréquence des gestes diminuait, probablement parce que « les processus spatiaux soutenus par l'incarnation s'étaient internalisés » (Castro-Alonso, Ayres et Paas, 2015, p. 127). Les experts dans un domaine internaliseraient donc, en quelque sorte en les incorporant, des processus cognitifs liés à des procédures, des gestes, des schémas, etc.

⁷⁸ Il est plus facile de résoudre une équation couchée sur le papier que de tête, non pas parce que le papier « ferait le travail à notre place » : c'est parce que 1) on a représenté l'objet différemment, de sorte qu'il puisse être livré à un libre examen, pour reprendre les termes de Goody (1977), mais on a aussi déchargé une partie du travail cognitif qui consiste à imaginer l'objet (ce qui renvoie à l'hypothèse de compensation de Hegarty et Sims, 1993) et ainsi libérer une partie de la mémoire de travail ; 2) nos capacités intellectuelles sont en mesure de résoudre le problème une fois représenté de cette manière : on *modifie* le processus cognitif concerné, mais notre cerveau est en capacité de faire le travail cognitif pour résoudre le problème.

d'autres tâches. Dans un système distribué, on peut à ce titre se demander « où, au sein de l'équipe [...], la charge computationnelle supplémentaire causée par la perte [d'un outil] a été prise en charge et comment les nouvelles tâches ont été accomplies » (Hutchins, 1995, pp. 321-322). Selon Hutchins, le système s'autoorganise de manière contingente de sorte à rééquilibrer le travail cognitif de chaque partie, cette stabilisation advenant dans le temps : « la structure sociale (division du travail) semble avoir émergé des interactions entre les participants sans planification explicite » (Hutchins, 1995, pp. 322-323). Cette régularité qui s'installe renvoie, pour l'anthropologue, à une conséquence de stratégies locales (des parties du système cognitif, comme des sous-équipes), en gardant en point de mire l'économie du travail cognitif individuel. Dans un cas particulier, il évoque que la « **congruence** » fut nécessaire entre les contraintes du traitement cognitif individuel (les limites de la mémoire de travail) et l'organisation sociale du travail (répartition de la charge cognitive entre les mémoires de travail des sujets). De manière fonctionnelle, chaque sujet dans cette configuration rend visible « les données » de la situation, voire la solution à un problème, ce qui rend les capacités attentionnelles des autres sujets disponibles pour d'autres tâches. Cet **alignement** entre les structures computationnelles et sociales apparaît donc déterminant dans le fonctionnement effectif d'un système cognitif. Cette modularité des tâches cognitives, conjuguée aux artefacts matériels présents dans le système cognitif, met au jour « un nouvel agencement social » (Hutchins, 1995, p. 342) dans le déroulement des tâches, dans « un équilibre satisfaisant les exigences des différentes parties » (Feldman, 1989, p. 136) du système⁷⁹.

3.4. Un phénomène de sur-distribution cognitive ? Le cas des outils scolaires et professionnels

Externaliser les informations dans l'environnement, permet surtout de savoir où l'information se trouve, et faciliter la préhension sur cette information durant le cours d'action. Lorsque l'on évoque l'externalisation de la cognition, « tout ce qui est stocké à l'extérieur est de l'information, pas de la connaissance » (Spitzer, 2016, p. 36). Alors que le savoir relève d'une constitution formalisée au sein d'un consensus et d'un contexte socioculturel, voire politique, la connaissance est située en ce qu'elle procède de l'intériorisation de ce savoir par le sujet agissant, en se l'appropriant (Conne, 1992) : « en dissociant connaissance et savoir, on indique

⁷⁹ Ainsi, l'introduction d'un outil de calcul comme une calculatrice (dans le cas qu'il donne, celui de la navigation), n'a pas nécessairement rendu le sujet plus apprenant, elle a surtout modifié la relation entre les sujets et la tâche. L'outil nouveau dans un système cognitif transforme la nature de la tâche, voire crée de nouvelles tâches.

que la connaissance réside dans une situation, « alors que le savoir réside dans une institution » (Frayssinhes, 2019, p. 51).

Pour le neuroscientifique Michel Desmurget (2019), « plus nous abandonnons à la machine une part importante de nos activités cognitives et moins nos neurones trouvent matière à se structurer, s'organiser et se câbler » (Spitzer, 2015 ; 2016, cité par Desmurget, 2019, p. 231). Externaliser des tâches cognitives (*offload*) vers les artefacts et l'environnement technique peut donc être délétère pour l'apprentissage si nous ne produisons plus l'effort cognitif essentiel qui conduit à l'apprentissage (Longcamp et al., 2005 ; 2006). Néanmoins, il est nécessaire de prendre en compte les expériences antérieures : un novice devrait moins externaliser l'effort cognitif qu'un expert. Leurs besoins sont différents, comme nous le montre le principe cognitif de renversement dû à l'expertise (Kalyuga, Renkl et Paas, 2010). L'expert a surtout besoin d'une aide pour être plus productif (*enhancer hypothesis*), alors que le premier a besoin d'apprendre (*compensation hypothesis*).

Suite à ces considérations, nous proposons le terme de « *germane offloaded cognition* », ou de « **charge pertinente à l'apprentissage externalisée dans l'environnement** », lorsque la charge cognitive externalisée (distribuée dans l'environnement) conduit à l'apprentissage. Autrement dit, la charge cognitive est distribuée dans l'environnement mais pas au point de détériorer l'apprentissage. Apprendre serait donc le corollaire d'un environnement suffisamment distribué culturellement, socialement, temporellement et où les connaissances seraient facilement perceptibles. Ce dernier point semble fondamental pour la conception d'environnement numérique : « un dispositif est en fait plus puissant si l'utilisateur ne sait pas comment et pourquoi il fonctionne, parce qu'il est ainsi disponible pour une plus large communauté d'utilisateurs » (Hutchins, 1995, p. 174). En d'autres termes, au plus sont implémentées des connaissances au sein d'un environnement, au moins celles-ci devraient impliquer un coût cognitif trop important⁸⁰. De cette manière, nous comprenons mieux la transformation des métiers et des savoir-faire. Il existe un corollaire positif à ce phénomène, celui de la démocratisation des systèmes techniques par leur simplification.

⁸⁰ Hutchins (1995) donne l'exemple du cartographe qui a déjà effectué une partie du calcul (*computation*) de sorte que chaque navigateur puisse utiliser sa carte. Le calcul a été distribué à travers le temps ainsi qu'à travers l'espace social. Hutchins donne également l'exemple des connaissances modernes des marées, en citant Frake (1985) : « la théorie moderne des marais va bien au-delà de la compréhension pour un navigateur moderne. Les marins d'aujourd'hui n'ont besoin de comprendre la théorie des marées à aucun niveau. Ils n'ont qu'à consulter la table des marées un nouveau pour chaque voyage » (Frake, 1985, cité par Hutchins, 1995, p. 173). Le travail cognitif essentiel à la navigation par le calcul a donc déjà été effectué et inscrit dans l'artefact par des individus dans le passé.

4. Les approches situées : distribution et incarnation cognitives

4.1. Les approches situées de la cognition : une dialectique identitaire et groupale

Une part significative de chercheurs en sciences cognitives et en biologie, ou en linguistique et en SEF, considère qu'aucune frontière claire entre la cognition, l'action et la perception ne peut à ce jour possiblement être tracée. Les approches situées de la cognition procèdent d'un tournant majeur durant la deuxième moitié du XX^{ème} siècle. Ce « tournant situé » de la cognition, implique différentes approches et paradigmes. Pour Fusaroli et Paolucci (2011), ces tournants situés et phénoménologiques portent des noms très variés et impliquent une grande variété de perspectives dont les différences sont souvent sous-estimées : « Action située, théorie de l'activité historique culturelle, éactivisme, esprit partagé, externalisme taxonomique, externalisme actif, externalisme de localisation, environnementalisme, externalisme de véhicules, robotique située, vision animée, calculisme étendu, approche sensorimotrice de la perception, cognition augmentée, cognition distribuée, intégration cognitive, fonctionnalisme étendu, esprit étendu et vie étendue ne sont que quelques-unes des approches qui ont été avancées » (p. 10). Pour eux, les approches situées sont articulées en trois mouvements, en incluant le corps, le contexte immédiat, la dimension socioculturelle et symbolique dans l'étude de la cognition.

Pour Wilson (2002), la cognition est située parce qu'elle « a lieu dans le contexte d'entrées et de sorties pertinentes pour la tâche » (p. 626). Le couplage entre un organisme et son environnement caractérise la cognition comme située⁸¹, socioculturelle, voire comme une pratique sociale (Lave et Wenger, 1991⁸²). Dans ce dernier cas, et dans une perspective d'apprentissage, cela suppose une reconnaissance bijective : des pairs (anciens) reconnaissant

⁸¹ Pour Versace et al. (2018), ce courant, quand bien-même traversé par différentes tendances « qui s'opposent sur la question de l'existence ou non d'une certaine forme de représentations et sur la nature de ces représentations, (...) s'accorde avec Varela sur le fait que le monde tel que le ressent l'individu est issu des interactions entre l'organisme et son environnement, et que c'est de cette activité permanente qu'émerge le sens du monde et des choses. C'est donc en ce sens que la cognition est « située » (elle ne peut être envisagée indépendamment des situations dans lesquelles elle prend naissance), et enracinée, ou incarnée, dans les interactions sensori-motrices présentes et passées de l'individu avec son environnement » (p.161).

⁸² Une expérience de pensée par la méthode apophatique (*via negativa*), permet de comprendre qu'il serait difficilement possible de s'insérer dans un groupe professionnel (une unité dans une organisation professionnelle, dans une entreprise, etc.) sans partager les compétences nécessaires afin d'exercer le métier, de sorte à participer aux activités de l'organisation, tout en bénéficiant de la confiance des pairs (nous avons étudié l'exemple des compétences numériques dans une organisation et leur lien avec la reconnaissance sociale et professionnelle, cf. Chaker, 2020).

les compétences du nouvel arrivant, et de ce dernier reconnaissant la légitimité des membres présents avant lui à reconnaître ses compétences⁸³. On comprend alors mieux la prise en compte de la dimension identitaire dans le processus d'apprentissage notamment des adultes⁸⁴ (Chappell et al., 2003 ; Kaddouri, 2019).

Pour Lave et Wenger (1991), le terme « apprentissage situé » va au-delà du simple fait d'évoquer un apprentissage in-situ ou *by-doing*. Il leur fallait un cadre théorique précis afin de d'aborder la « situativité » (*'situatedness'*), caractéristique de tout acte d'apprendre : d'où la notion de participation périphérique légitime dans les communautés de pratique. Le but étant de dépasser le fait que le terme « situé » renvoie simplement au fait que les pensées et les actions des individus sont situées dans l'espace et le temps, et que leur caractère social soit uniquement constitué de la présence physique d'autres personnes qui participent, plus au moins, à l'activité d'apprentissage. Le cadre qu'ils proposent considère la « situativité » de l'apprentissage comme base du « caractère relationnel de la connaissance et de l'apprentissage, [du] caractère négocié du sens et [de] la nature de l'activité d'apprentissage (engagée, axée sur le dilemme) concernée pour les personnes impliquées » (Lave et Wenger, 1991, p. 33). Ce qui renvoie à « des jeux de langage, des procédures, des arrangements ou des règles mises en œuvre localement » (Boltanski et Thévenot, 1991, p. 93), bref, des conventions entre acteurs. Nous sommes donc en présence d'une conception maximaliste de l'apprentissage, en ce qu'il constitue un fait total indissociable de l'action humaine, voire de la nature humaine : « l'apprentissage n'est pas simplement situé dans la pratique – comme s'il s'agissait d'un processus indépendamment réifiable qui se trouve être localisé quelque part ; l'apprentissage fait partie intégrante de la pratique sociale générative dans le monde vécu » (Lave et Wenger, 1991, p. 35). En donnant la priorité aux relations sociales existantes et aux connaissances locales légitimes, cette perspective théorique et méthodologique met l'accent sur les caractéristiques reproductives des activités d'apprentissage situées lorsque les individus sont socialisés dans des communautés de pratiques (Wenger, 1998). De manière générale, les théories de l'apprentissage situé soulignent l'importance des relations sociales et de la (re)connaissance mutuelle des acteurs (Kakavelakis et Edwards, 2011).

⁸³ Le thème de la reconnaissance s'ancre ici dans dialectique hégélienne du maître et de l'esclave, ce dernier transformant la Nature à son image tout en luttant pour la reconnaissance ; dialectique largement critiquée et augmentée par Kojève (1947) mais que nous ne développerons pas ici outre mesure.

⁸⁴ Par exemple, l'étude de Handley et al. (2007) menée dans une entreprise de consulting révèle comment la régulation identitaire a conduit les consultants juniors à décliner les opportunités d'apprentissage qui ne correspondaient pas à leur identité d'« analystes rationnels ».

4.2. L'apprentissage : des moments socioculturels

Hutchins (1995), après son analyse de l'activité humaine à bord d'un navire militaire, tente de schématiser la propagation des états représentationnels de l'information de manière à rendre visibles les séquences développementales, c'est-à-dire le passage du statut de novice à expert, qui, à mesure de l'activité située dans son contexte, établit de manière incrémentale le développement d'une pratique culturelle dans un milieu (cf. Figure 9 ci-après). Il propose une modélisation praxéologique de l'activité humaine située qui procède d'une distribution temporelle de moments pratiques⁸⁵ (donc socioculturels) durant lesquels les individus développent une culture autant qu'une pragmatique de l'action. La densité des interactions humaines étant un facteur essentiel dans la conduite des activités et dans le développement des individus (cf. épaisseur des flèches dans la Figure 9).

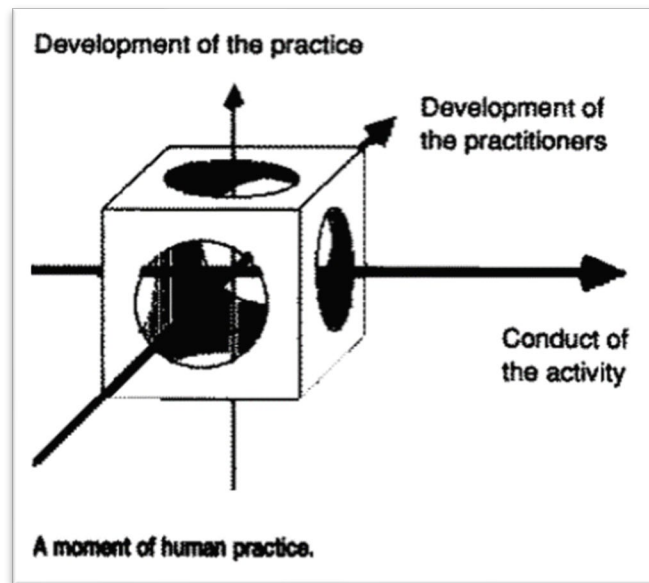


Figure 9. « Un moment de pratique humaine », tiré de Hutchins (1995, p. 372).

⁸⁵ Le terme « moment », que nous utilisons dorénavant, peut être utilisé pour décrire des périodes spécifiques ou des phases d'un processus d'apprentissage, constituant une unité d'analyse d'unités temporelles distinctes où l'apprentissage ou d'autres processus cognitifs se produisent. Par exemple, Salomon (1993) utilise ce terme pour décrire des moments clés dans le processus d'apprentissage. Engeström (1999) utilise le terme « moment » dans le cadre de la théorie de l'activité pour décrire des moments de transition ou de changement dans les activités humaines, et Kirsh (1995) pour décrire des moments spécifiques où les individus interagissent avec leur environnement pour résoudre des problèmes cognitifs. Dans notre acception de la cognition distribuée, ce moment étant situé, il est autant cognitif que socioculturel. A ce titre, l'anthropologue Geertz (1983) utilise le concept de « moment » pour décrire des moments clés dans la vie sociale et culturelle des communautés. En sociologie, Goffman (1971), dans ses travaux sur l'interaction sociale et la théorie des cadres (*Frame Analysis*), l'utilise pour décrire des périodes spécifiques d'interaction sociale où les individus interprètent et agissent en fonction des cadres culturels et des contextes sociaux ; et Garfinkel (1967) pour décrire des moments d'« indexicalité », où les significations sociales sont négociées et construites dans des interactions face à face.

Le cube représente un moment de l'activité humaine, que nous proposons de nommer « **moment socioculturel** », produit de pratiques humaines dans un milieu culturel spécifique (Rastier et al., 1994) qui contribuent à former le « paysage des affordances »⁸⁶ (Kolvoort et Rietveld, 2022) ou, plus précisément, qui énaquent⁸⁷ les affordances présentes dans l'environnement immédiat dans laquelle se situe l'activité. En participant à la configuration de leur propre environnement, les individus contribuent à « former l'histoire future de l'activité » (Kolvoort et Rietveld, 2022, p. 19). Il s'agit d'un processus d'internalisation/externalisation considéré, nous le verrons ultérieurement. La congruence entre dispositions et situations comme « congruent » (cf. **Partie III.1.1**, p. 133)⁸⁸ avec l'activité conduite par les individus. Ces interactions impliquent des processus cognitif/perceptif/actionnel, ainsi qu'un processus temporel qui structure la relation entre le « paysage » et le « champ » des affordances (Kiverstein et al., 2019). Ce processus, conjugué au travail cognitif du groupe social (le système cognitif ou le sous-système cognitif, comme les équipes, etc.) créent une expérience pratique et cognitive structurée localement pour les sujets, offrant par là-même des opportunités d'apprentissages individuels (Hutchins, 1995, p. 373) lors de situations de déséquilibres (Berrouk et Jaillet, 2013).

La cognition distribuée met l'accent sur l'interconnexion et l'interaction⁸⁹ entre les individus, les artefacts et l'environnement dans les processus cognitifs. Plutôt que de se concentrer uniquement sur la cognition individuelle, la cognition distribuée reconnaît que les activités cognitives sont réparties à travers un système d'éléments comprenant les personnes, les ressources et les matériaux. Dans un processus cognitif distribué, la cognition est conçue comme un système dynamique et en interaction dans lequel les informations sont partagées, transformées et réparties entre les différents composants : la cognition n'est pas seulement une activité mentale interne, elle émerge à travers les interactions entre les individus, les artefacts et l'environnement. Ce processus cognitif est ainsi appréhendé comme unité d'analyse,

⁸⁶ Le paysage des affordances peut être défini comme l'ensemble complet des affordances disponibles pour une population dans un environnement donné. Ce paysage correspond à ce que les théoriciens de l'évolution en biologie et en anthropologie appellent une « niche » (Rietveld and Kiverstein, 2014).

⁸⁷ « Alors que la formulation de Gibson considère la perception comme centrale, l'énaquisme recentre l'attention sur l'agentivité, l'expérience vécue et la question de ce qui détermine si une possibilité d'action sollicite une action » (Maiese, 2021, p. 175).

⁸⁸ La congruence est l'état dans lequel deux ou plusieurs éléments sont en correspondance les uns avec les autres. Cela signifie que ces éléments partagent certaines propriétés communes, de sorte qu'ils puissent interagir de manière cohérente.

⁸⁹ L'interconnexion renvoie aux relations structurelles entre les éléments d'un système, l'interaction renvoie à la qualité de ces relations. Ces dernières sont interactionnelles dans le sens où le flux informationnel modifie les propriétés de chacun des éléments interconnectés.

constituant le couplage structurel entre le ou les sujets, avec les autres sujets et les éléments de la situation, constituant l'environnement.

4.3. La cognition incarnée comme corollaire de la cognition distribuée

4.3.1. Deux approches incarnées de la cognition : une dialectique entre l'intériorité et l'extériorité

Un principe de l'approche de la cognition distribuée est que la cognition est incarnée (Hollan, Hutchins et Kirsh, 2000). La cognition incarnée⁹⁰ soutient que les processus cognitifs ne sont pas des activités cérébrales isolées, mais qu'ils impliquent l'ensemble du corps et de l'environnement : l'esprit n'est pas un dispositif de raisonnement logique désincarné (Clark, 1998). Les informations sensorielles et motrices provenant du corps et de l'environnement sont utilisées pour structurer et contrôler les processus cognitifs⁹¹.

Il existe une acception « radicale » et une acception « minimale » de la cognition incarnée. La première postule que les processus cognitifs sont partiellement constitués par des processus extra-cérébraux, et qu'ils sont essentiellement basés sur eux. Au contraire, la seconde propose que ces processus sont dépendants de manière causale de processus extra-cérébraux (Newen, de Bruin et Gallagher, 2018). En conséquence, les processus cognitifs peuvent être perçus comme extra-cérébraux de deux manières : corporels (avec le couplage cerveau-corps comme unité d'analyse) et extra-corporels (avec le triptyque cerveau-corps-environnement comme unité d'analyse).

⁹⁰ Pour Wilson (2002), il existe six corollaires principaux d'une acception incarnée de la cognition : (1) la cognition est située (l'activité cognitive se déroule dans le contexte d'un environnement réel et implique intrinsèquement la perception et l'action) ; (2) la cognition est bornée par le temps (la cognition doit être comprise en termes de fonctionnement sous la pression de l'interaction en temps réel avec l'environnement) ; (3) une partie du travail cognitif se décharge sur l'environnement (l'humain exploite l'environnement pour réduire la charge de travail cognitive) ; (4) l'environnement fait partie du système cognitif (l'esprit seul n'est pas une unité d'analyse significative puisqu'il a ses prolongements dans l'environnement via un flux très dense d'informations entre ce dernier et notre esprit) ; (5) la cognition est faite pour l'action (la fonction de l'esprit est de guider l'action) ; (6) la cognition hors ligne (*offline*, c'est-à-dire en l'absence d'entrées et de sorties pertinentes pour la tâche) est basée sur les propriétés du corps (même découplée de l'environnement, l'activité de l'esprit est fondée sur des mécanismes qui ont évolué pour interagir avec l'environnement).

⁹¹ La cognition incarnée s'oppose à l'approche de la cognition en boîte noire (behaviorisme), qui considère les processus cognitifs comme des activités isolées du corps et de l'environnement. Elle postule au contraire une interaction fluide entre notre cerveau et le monde qui nous entoure, et que les processus cognitifs doivent être examinés dans leur contexte culturel et environnemental. Cette théorie met l'accent sur l'importance de l'environnement physique et social dans la structuration et le contrôle des processus cognitifs, et suggère que les processus cognitifs ne peuvent pas être compris pleinement sans prendre en compte ces contextes. La cognition incarnée développe des critiques fondamentales de l'ontologie dualiste cartésienne, de l'internalisme, de l'approche computationnelle de la cognition, du cognitivisme classique et du réductionnisme mental (Agostini et Francesconi, 2021).

Une approche « radicale » de la cognition incarnée est portée notamment par Chemero (2011) : elle est non représentationnelle⁹². D'après Bara et Tricot (2017), cette approche radicale conçoit la perception, la cognition et l'action comme des phénomènes incarnés ne faisant pas appel à des représentations mentales : il s'agit d'un modèle dynamique non linéaire de couplage entre l'individu et l'environnement, qui forme un système unifié, non décomposable (Chemero, 2009, cité par Bara et Tricot, 2017, p. 4). Selon le même ordre, Clark (1999) établit une distinction entre deux types de cognition incarnée : la cognition incarnée simple⁹³ et la cognition incarnée radicale. Toutefois, modéliser la cognition comme dépendant fortement du corps ou du contexte sensori-moteur est nécessaire mais pas suffisant pour comprendre les phénomènes d'apprentissage : selon Bara et Tricot (2017), « on ne sait pas aujourd'hui identifier parfaitement les mécanismes sous-jacents à l'effet spécifique de l'action physique dans l'apprentissage de connaissances symboliques [mais il est certain que les effets de la mobilisation du corps dépendent] fortement du contenu des connaissances apprises » (pp. 28-29).

Certaines approches plus « faibles » de la cognition incarnée, que nous pourrions qualifier d'intermédiaire, considèrent toutefois que le système traite les informations en provenance de l'environnement et conduit à une représentation inférentielle du monde. D'où l'importance, nous le verrons, des dynamiques de catégorisation/perception, et de la préparation aux situations, notamment par le biais de l'incorporation cognitive et culturelle, qui conservent les dimensions sensorielles et motrices des informations internalisées au fur et à mesure de nos expériences dans le monde. Autrement dit, qui gardent une trace objectivée des conditions

⁹² Il soutient que la cognition devrait être décrite en termes de dynamique agent-environnement plutôt qu'en termes de calcul et de représentation, en rupture évidemment avec les approches computationnelles de Fodor et d'autres, mais en aussi avec les approches écologiques de la cognition accordant moins de poids à l'immanence et à la perception. Il propose également une méthodologie basée sur la théorie des systèmes dynamiques, qui expliquerait les choses de manière dynamique et sans référence à la représentation. Dans ce courant, « la cognition n'est plus décrite en termes de computations sur des représentations symboliques détachées des systèmes sensori-moteurs qui ont permis leur construction, elle traduit simplement l'état global du système individu-environnement à un moment donné » (Versace et al., 2018, p.30).

⁹³ Alors que la cognition incarnée simple maintient les fondements traditionnels du cognitivisme en la considérant simplement comme une contrainte sur l'organisation et le traitement interne, la cognition incarnée radicale voit la cognition incarnée comme un changement fondamental dans la manière d'expliquer la cognition, entraînant ainsi une modification profonde de l'objet d'étude et du cadre théorique des sciences cognitives. Pour Chemero (2009, 2013), il existe au moins deux traditions scientifiques différentes, communément appelées « sciences cognitives incarnées ». La version radicale, que nous pourrions qualifier d'« ultra-empiriste », débouche pour lui à partir de la tradition du Naturalisme Américain (avec William James et John Dewey) et de la psychologie écologique de Gibson, qui sont tous deux anti-représentationnistes et pragmatiques (Lindblom, 2020), et prônent la perception directe et l'empirisme. Il existe ensuite une version de la cognition incarnée plus « mainstream », une version faible, qui serait une version intermédiaire entre une vision incarnée forte et les approches cognitivo-computationnalistes, qui propose par exemple l'existence de représentations symboliques pouvant intervenir dans certaines situations.

socioculturelles de l'émergence de la cognition. Toutefois, ces représentations sont sensori-motrices, l'hypothèse d'a-modalité des représentations, qui supposerait « l'existence d'informations détachées des systèmes périphériques, mais permettant de les "représenter", notamment en leur absence » (Versace et al., 2018, p.31) n'étant pas validée empiriquement⁹⁴.

Une position « intermédiaire » consisterait aussi à considérer que « les humains traitent [...] des représentations internes de symboles » (Hutchins, 1995, p 370), sans que cette manipulation constitue l'architecture de la cognition. Il est ainsi naturel de créer des heuristiques, des modèles du monde, *a fortiori* d'un point de vue évolutionnaire. Dans cette logique, traiter des représentations symboliques reviendrait à énoncer les objets du monde, à coupler la cognition avec l'action, les structures mentales internes produites étant la conséquence des interactions avec les objets symboliques. Cela revient ainsi à « distinguer entre les tâches auxquelles la personne est confrontée lors de la manipulation de symboles et les tâches accomplies par la manipulation des symboles eux-mêmes » (Hutchins, p. 367), comme processus cognitifs propres⁹⁵.

4.3.2. Entre le corps, le cerveau et l'environnement : un mouvement ascendant et descendant

Barsalou et collègues (2003) caractérisent la cognition sociale comme étant « des états du corps,

⁹⁴ Comment le notent Versace et al. (2018), la perspective amodale des représentations, stockées dans la mémoire à long terme, bute sur les recherches empiriques : « Dans la perspective computo-symbolique, les représentations servant de support à la cognition sont généralement amodales. Bien qu'elles soient le plus souvent issues de représentations perceptives, elles sont supposées devenir symboliques en se détachant des représentations perceptives par un mécanisme de transduction (Pylyshyn, 1984). Toutefois, la relation entre les connaissances amodales et les représentations perceptives spécifiques aux modalités qu'elles symbolisent est totalement arbitraire. Pour une même représentation perceptive, différentes représentations symboliques, totalement interchangeable, peuvent être utilisées. En fait, aucune description convaincante du mécanisme de transduction, ni de son inverse, n'a jusqu'à présent été fournie. De plus, et tel que rapporté par Barsalou (1999), aucun argument neurologique ne peut être trouvé en faveur de l'existence de tels mécanismes. Une autre difficulté avec l'hypothèse des représentations amodales vient de l'absence de données empiriques démontrant réellement leur existence, alors qu'au contraire, la plupart des travaux montrent que les représentations conceptuelles ont toujours un caractère perceptif. Les travaux censés démontrer l'existence de zones neuronales qui pourraient être les lieux de stockage de ces représentations amodales (Fairhall et Caramazza, 2013 ; e.g., Pobric, Jefferies, et Ralph, 2010) ne peuvent écarter la possibilité que les zones neuronales en question soient des zones supramodales (ou multimodales), participant à l'intégration multimodale » (p. 30).

⁹⁵ Varela et ses collaborateurs (Varela et al., 1991 ; Thompson et Varela, 2001) utilisent le terme « incarnation » pour signifier que la conscience humaine a sa contrepartie dans la structure organique – qu'il n'y a pas de conscience en dehors de la réalité de l'expérience corporelle (Luisi, 2018). Pour Versace et al. (2018) : « la perspective incarnée et située de la cognition emprunte au paradigme énonciviste le caractère modal de la connaissance (i. e., sensori-moteur), au paradigme connexionniste l'idée que les connaissances sont distribuées sur l'ensemble du cerveau, et à ces deux paradigmes le fait que les connaissances émergent des interactions entre les composants sensoriels et moteurs des expériences passées et de l'expérience présente » (p. 40). Pour la cognition incarnée, « la représentation d'un concept, et plus généralement d'une connaissance, nécessite la réactivation des patterns d'activation cérébrale sensorimoteurs qui ont été activés lors de l'expérience réelle de ce à quoi renvoie cette connaissance » (Dutriaux et Gyselinck, 2016, p. 430).

tels que les postures, les mouvements des bras et les expressions faciales, qui surviennent pendant l'interaction sociale et jouent des rôles centraux dans le traitement de l'information sociale » (p. 43). Ce couplage structurel entre l'organisme et son environnement sous-tendant une cognition incarnée dans son environnement constitue, pour Clark (2016), une « danse délicate » (p. 54) entre des processus ascendants (*bottom-up*) et descendants (*top-down*). Wilson (2002) liste quatre processus différents :

- 1- Un processus ascendant (cf. Figure 10A, p. 88) : Les stimuli sociaux perçus ne produisent pas seulement des états cognitifs, mais aussi des états corporels. De nombreuses recherches (voir entre autres Hillman et al., 2009 ; Chih et Chen, 2011 ; Chomitz et al., 2009) démontrent l'effet de l'effort physique sur l'amélioration de résultats cognitifs, ce qui démontre le processus ascendant stipulé par la cognition incarnée. Ces études montrent la relation entre l'activité physique, la condition physique et l'amélioration des fonctions cognitives et exécutives (Best, 2010 ; Kubesh et al., 2009 et figure). Ces fonctions cérébrales jouent un rôle significatif dans les comportements dirigés vers un but et la capacité de concentration.

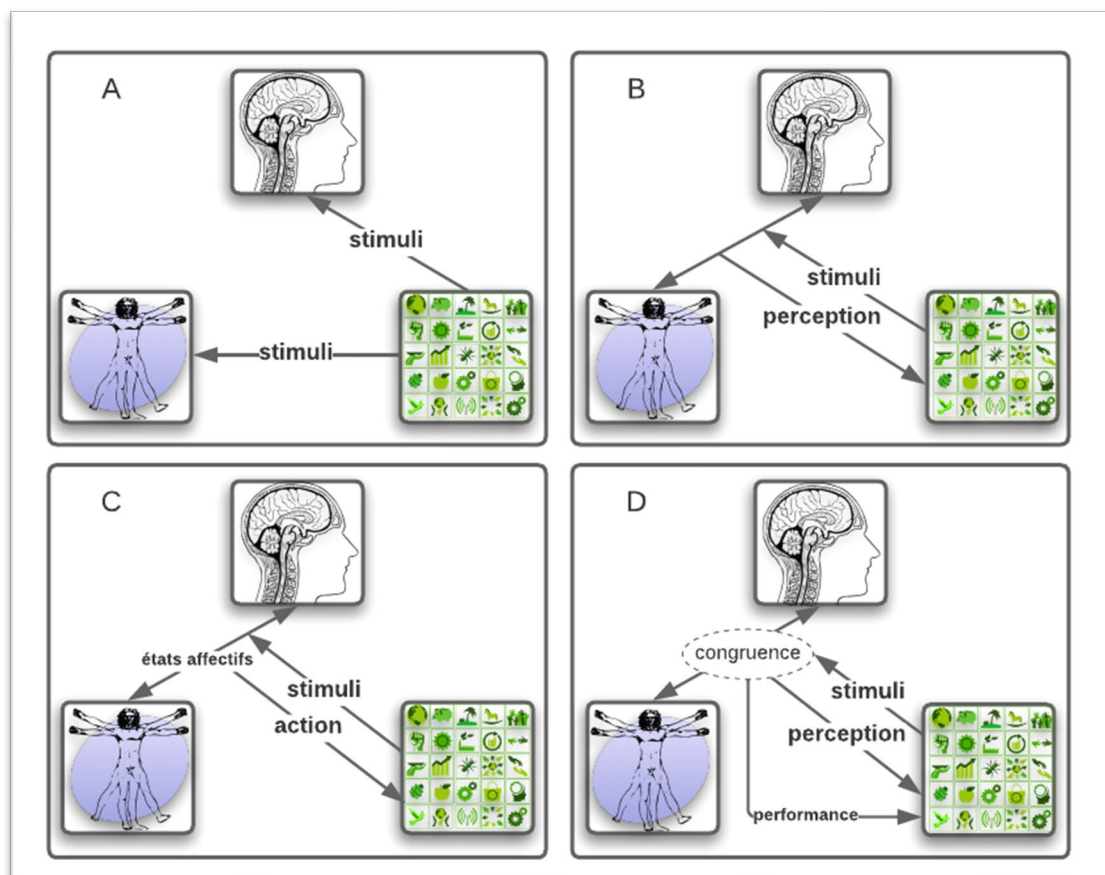


Figure 10. Schématisation des quatre types de processus cognitifs et perceptifs incarnés à

partir de Wilson (2002). A : processus ascendant ; B : processus ascendant-descendant ; C : processus ascendant-descendant médié par l'état affectif ; D : processus ascendant/descendant congruent.

- 2- Un processus ascendant-descendant (Figure 10B, p. 88) : Castro-Alonso, Ayres et Paas (2015) soulignent qu'utiliser le corps lors de visualisations dynamiques de contenus pédagogiques (des animations, des vidéos, etc.), peut être problématique en cas de contenus éphémères ou difficiles d'accès : les compléter par des gestes physiques peut aider à ancrer les apprentissages. En effet, certains concepts abstraits des STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Medicine) peuvent être facilités en montrant des mouvements de main, tels que des manipulations et des gestes. Également, en raison des mécanismes liés aux neurones miroirs, certains des effets des manipulations directes pourraient également s'appliquer lors de l'observation d'autres personnes (par exemple, les enseignants) effectuant les manipulations dans une vidéo ou une animation. L'observation des états corporels chez autrui conduit souvent à une mimique corporelle chez l'observateur.
- 3- Un processus ascendant-descendant médié par l'état affectif engendré par la situation : les états corporels produisent des états affectifs, ce qui signifie que la cognition incarnée facilite non seulement une réponse aux stimuli sociaux, mais produit également des stimuli provisoires. Le fait de contracter certains muscles, ou dessiner une expression spécifique sur son visage, peut conduire à des résultats spécifiques en termes de tâche cognitive, par le biais du déclenchement d'un état émotionnel (provisoire).
- 4- Un processus ascendant-descendant « **congruent** » : La compatibilité entre les états corporels et cognitifs améliore les performances. Cela suppose qu'une partie du processus cognitif soit descendant, c'est-à-dire des zones neurales vers le corps, dans la boucle *bottom-up/top-down* (par exemple, voir les travaux de Ionta et collègues, 2009, 2011, 2012, 2013, sur la congruence entre imagerie mentale et les segments corporels).

L'ensemble de ces processus sont liés à des expériences qui sont à la base des stratégies cognitives mises en œuvre lors de situations (de tâches cognitives) et qui fournissent les ressources nécessaires au sujet en action afin de mobiliser les bons « schèmes » en fonction des demandes de la situation (Hendriks-Jansen, 1996 ; Piaget, 1950). En cela, nos expériences passées nous disposeraient à des situations sociales futures. A ces dernières ensuite d'actualiser

(ou non, ou dans une certaine mesure), ces dispositions acquises). Les dispositions⁹⁶ (comme nous le verrons en détails dans la **Partie II.4, p. 96**) sont alors incorporées (et non pas stockées) et distribuées *en nous*, donc **internalisées à mesure des moments sociaux**, en tout cas pouvant faire l'objet d'émergence si les conditions sociomatérielles et culturelles sont réunies.

Toujours est-il que nos capacités cognitives sont construites sur un échafaudage fourni par les stratégies sensorimotrices, impliquant que nos comportements et actions seraient incarnés (Varela et al., 1991 ; Gordon et al., 2021) :

En utilisant le terme "incarné", nous voulons mettre en évidence deux points : d'abord, que la cognition dépend des types d'expériences qui découlent du fait d'avoir un corps avec différentes capacités sensorimotrices, et deuxièmement, que ces capacités sensorimotrices individuelles sont elles-mêmes intégrées dans un contexte biologique, psychologique et culturel plus vaste. En utilisant le terme "action", nous voulons une fois de plus souligner que les processus sensoriels et moteurs, la perception et l'action, sont fondamentalement indissociables dans la cognition vécue. En effet, les deux ne sont pas seulement liés chez les individus, ils ont également évolué ensemble. En résumé, l'approche enactive Varelienne se compose de deux points: (1) la perception consiste en une action guidée perceptuellement et (2) les structures cognitives émergent des schémas sensorimoteurs récurrents qui permettent à l'action d'être guidée perceptuellement. (Varela et al., 1991, pp. 172-173).

Cette récurrence des schémas sensorimoteurs constitue *in fine* pour le sujet son expérience incrémentale avec le monde qui l'entoure, ces expériences relevant de situations personnelles, professionnelles, académiques, etc. La cognition incarnée relève ainsi autant de connaissances incorporées (qui sont également objectivables par le sujet lui-même) que d'expériences incarnées corporelles (Hutchins, 1995)⁹⁷.

4.3.3. La cognition incarnée partagée

Des sujets incarnés en coordination constituent alors un système cognitif pouvant tenir un rôle

⁹⁶ Si la notion de dispositions est déjà intégrée dans l'approche sociale cognitive de Bandura (2003) dans la causalité triadique réciproque entre les dispositions individuelles, le contexte et le comportement (ce schéma causal limitant l'agentivité de l'individu), Philippe Carré (2015) propose la notion d'« apprenance » qui s'organise autour de trois dimensions conceptuelles : dispositions (à apprendre), pratiques (apprenantes) et situations (d'apprentissage), afin de modéliser le processus d'apprentissage lors de situations formelles mais aussi quasi-formelles (type *elarning*, FOAD, etc.) et informelles. La notion de disposition est aussi explicitée, dans un autre registre scientifique, par l'approche de Lahire (2013), dans sa tentative de comprendre les facteurs personnels en jeu dans cette relation triadique, sous les traits d'une sociologie de la pluralité dispositionnelle (Lahire, 2013) : « L'idée, qu'il existe un social (ou une histoire) à l'état incorporé, sous la forme de dispositions à agir, à croire, à sentir, etc., me paraît fondamentale lorsqu'on entend rendre raison des pratiques ou des comportements (...) Chaque individu percevant, pensant, agissant n'existe qu'en tant qu'il est le dépositaire de l'ensemble des formes d'expérience qu'il est amené à faire en fonction de sa situation dans le monde social ». Selon Lahire (2013), « ce patrimoine individuel d'expériences incorporées se construit par sédimentation des expériences socialisatrices et se traduit en « manières plus ou moins durables de voir, de sentir et d'agir » (Carré, 2015, p. 8).

⁹⁷ « Un chef de quartier-maître, décrivant autrefois la capacité de ressentir les relèvements comme des directions dans l'espace local défini par l'orientation corporelle, a déclaré qu'il pouvait "penser comme une boussole" et a dit que c'était quelque chose qu'il essayait d'apprendre à tous ses hommes à faire » (Hutchins, 1995, p. 141).

fonctionnel double : un rôle cognitif dans le traitement de l'information au niveau individuel, et l'externalisation de ce processus cognitif afin que ce dernier soit partagé par les autres. Il fournit en ce sens des ressources cognitives supplémentaires disponibles pour les autres membres de l'équipe, qu'ils peuvent mobiliser pour l'exécution de la tâche. Nous proposons à ce titre la notion de **cognition incarnée partagée**.

Cette dernière pourrait également avoir une dimension sémiotique distribuée, quant au langage observé, y compris à partir de gestes (comme nous pouvons le voir dans le principe de vicariance chez Bandura, 1989, par exemple). Le langage n'est pas seulement objectivé par l'observateur, il est émis de manière explicite par l'exécutant qui adopte les codes du langage corporel : le langage corporel n'est pas seulement communicationnel, il rend visible les processus cognitifs. Dans cette perspective, nous avons conduit une revue de littérature sur la cognition incarnée partagée pour l'apprentissage des STEM dans les environnements virtuels (Hajj Hassan, Chaker, Impedovo et Hoyek, 2024). Nous avons cherché à comprendre si le fait de mobiliser explicitement le corps et les gestes corporels dans le processus d'apprentissage en groupe (ou en binômes), participe de l'apprentissage par vicariance. Dans l'apprentissage collaboratif, l'apprentissage incarné est fondé sur le fait que la cognition s'étend au-delà de la corporéité individuelle à son environnement, mais aussi à la corporéité collective (corps d'autrui) pour la représentation des phénomènes spatiaux et matériels (Walkington et al., 2019). Dans notre revue de littérature, il est constaté que les approches basées sur la cognition incarnée de manière explicite, ont montré une amélioration significative des résultats académiques des étudiants, ainsi que les domaines cognitif, affectif et psychomoteur. En revanche, il est remarqué un effet négatif de l'apprentissage incarné des mathématiques et des améliorations moins efficaces des résultats des élèves en sciences physiques, par rapport à l'anatomie⁹⁸. Cette différence s'explique par l'effet de congruence créé entre l'apprentissage de l'anatomie et l'utilisation du corps en adéquation avec le contenu à apprendre (les objectifs pédagogiques). De plus, au-delà du contenu enseigné par l'approche

⁹⁸ Dans une perspective incarnée, le corps constitue le premier référentiel pour l'individu par rapport au monde (Damasio, 2003). Des travaux en neurosciences et imagerie mentale, comme ceux de Ionta et collègues (Ionta et Blanke, 2009 ; Inota, Gassert et Blanke, 2011 ; Ionta et al., 2012 ; Ionta et al., 2013), montrent que lorsque l'on mesure le temps de réponse de sujets à qui l'on demande de repérer la bonne position graphique d'une main (ou d'un autre segment corporel), le temps de réponse est plus rapide lorsque cette position est congruente avec une position habituelle de ce membre, autrement dit avec une position anatomiquement plausible, les sujets procédant par imagerie motrice implicite (ils superposent mentalement l'image perçue visuellement avec leur propre membre). Si la position est incongruente, autrement dit représentée de manière inhabituelle (comme si la main gauche par exemple était montrée de dos avec le pouce dans un sens opposé), alors le temps de réponse était plus important.

incarnée collaborative, les résultats montrent que l'apprentissage incarné dans des environnements numériques non immersifs est plus efficace que dans des environnements numériques immersifs en ce qui concerne les performances d'apprentissage. Un autre résultat est l'impact positif de l'apprentissage incarné sur le renforcement de la collaboration entre les élèves.

4.3.4. La dialectique entre culture ancrée et cognition incarnée dans le processus créatif

De manière simplifiée, une approche ancrée (*grounded*) de la cognition prend en compte les facteurs contextuels (physiques et sociaux) dans lesquels les individus sont situés. Du point de vue du traitement cognitif, cette approche postule que la connaissance est ancrée dans les systèmes sensoriels et moteurs, plutôt que d'être représentée et traitée de manière abstraite dans des structures de données conceptuelles amodales (Pezzulo et al., 2013). Pour Barsalou (2008), la cognition ancrée est le nom d'une approche méthodologique de l'étude de la cognition, qui la décrit comme étant « ancrée de multiples façons, y compris les simulations, l'action située et, à l'occasion, les états corporels » (p. 619). Si pour Barsalou (2008), le terme *grounded* est un mot-valise, Pezzulo et al. (2013) proposent que les effets de l'ancrage, de l'incarnation et de la situation puissent être séparément « conceptualisés en cascade et exercer des effets de manière additive sur la cognition et la représentation » (p. 4) (Figure 11 ci-après). Une telle acception de la cognition ancrée la placerait ainsi dans une approche « faible » de la cognition incarnée.

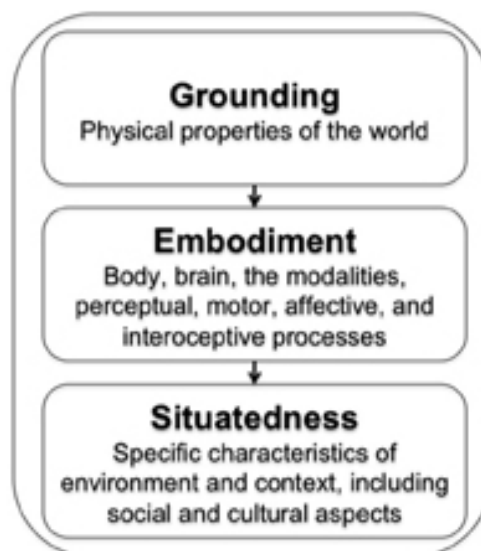


Figure 11. Ancrage, incarnation et situation : une cascade d'effets sur la cognition (tiré de Pezzulo et al., 2013, p. 4).

Une approche « trop ancrée », c'est-à-dire trop orientée vers les propriétés physiques de l'environnement pour expliquer l'émergence de la cognition, peut reléguer au second plan les

caractéristiques du sujet agissant, tout autant que la significativité sociale de la situation. Cela serait la rencontre entre les deux (le sujet et l'environnement) qui actualiserait leur potentiel respectif par la genèse du sens (*sense-making*) : le potentiel de l'environnement en termes de stimuli sensoriels – perçus par le sujet – et de cadrage social, le potentiel du sujet en termes de perception, cognition et action. Une de nos propositions consiste d'ajouter aux propriétés physiques du monde, ses propriétés sociales, qui sont, par définitions non délimitées par le « ici » et le « maintenant », mais qui peuvent être reliées à une réalité non locale, dans laquelle les conditions de l'émergence de la cognition *a posteriori* sont préparées. Pour ces raisons, une acception d'une cognition ancrée uniquement dans l'immédiateté semble peu pertinente et trop limitatives puisqu'il semble nécessaire de réussir à articuler : a) les conditions de départ évoquées plus haut, qui relèvent de l'histoire sociale et biologique de l'individu et participent de la genèse de des dispositions à connaître et à agir, avec b) la situation dans laquelle il se trouve et tente d'agir.

Le rapport au monde ne peut se faire sans exploration sensorielle, sans laisser le corps (nous) raconter sa propre histoire avec le monde. Ce rapport cognitif au monde ne se contente pas de le découvrir, mais constitue de manière ontologique la connaissance du potentiel d'action de l'humain sur le monde, et donc déjà en lui-même une action sur le monde. **Dans une perspective énonciviste, connaître son potentiel d'action est déjà une modification sémiotique de l'environnement, par le réarrangement, l'agencement des composants d'un environnement, dans une action située.** Ces différentes expériences situées, qui peuvent être en action partagées (les compossibles, selon Simondon, 1989), constituent de manière cumulative les possibilités d'action, ainsi que l'action elle-même, voire un patrimoine sociotechnique de l'humain. En effet, le cumul et la mobilisation des connaissances techniques antérieures est indissociable des différentes étapes de stabilisations culturelles. Toutefois, la mobilisation des connaissances et du legs cognitif peut être à dessein ou non faite de manière consciente. Comme le montre la proposition de De Vinci dans ses « Compositions incultes » (*Componimenti inculti*⁹⁹), créer de manière « inculte », ou écrire de manière « automatique »,

⁹⁹ *Componimento inculto*: cette expression oxymore conçue par Léonard de Vinci désigne des esquisses rapides, grossières ou rudimentaires utilisées pour faire surgir la figure et en trouver les mouvements et les attitudes à travers le flux constant d'une ligne ouverte qui, plutôt que définir la forme, est entraînée par un geste exploratoire. Le procédé ouvre la voie à de nombreuses expérimentations de la part des artistes, qui recherchent délibérément cet état, entre la conscience et l'absence de soi, pour faire de la main le sismographe d'une énergie vitale du corps qui révèle, presque par automatisme, les images latentes sédimentées dans la mémoire [Alberti, F., Bodart, D., & Michaud, P.-A. (Curators) (2022). *Gribouillage / Scarabocchio*. Da Leonardo da Vinci a Cy Twombly [Exhibition]. Accademia di Francia a Roma – Villa Medici, Roma].

repose sur un moment, une expérience, la plus sensorielle possible (Figure 12).



Figure 12. Extrait du « gribouillage » (scarabocchio) de Leonardo Da Vinci, servant d'études pour la Madonna con bambino e Giovanni (1778).

Il semble pourtant peu pertinent pour un humain de prétendre créer totalement *ex-nihilo* : comment dissocier ce qui tient lieu de création « totale », dans un mouvement immanent, de ce qui est créé à partir de connaissances antérieures ? Assurément, l'acte créateur, dans son geste exploratoire, ne se libère que partiellement des attaches historico-culturelles, sans quoi il est impossible de créer. C'est pourquoi notre positionnement épistémologique est intermédiaire entre une conception « forte » de la cognition incarnée et une conception « faible » qui laisserait une part trop importante aux représentations mentales¹⁰⁰. *In fine*, il existerait alors un ancrage externe de la cognition (*external grounding*), en lien avec les conditions sociomatérielles de la cognition située, et avec un **ancrage interne**, faisant référence aux processus d'auto-référencements du sujet en action.

4.4. La dialectique intériorité/extériorité : une cognition interactionniste

Vygotsky (1934/1985) a proposé « une théorie de l'ontogenèse des fonctions psychologiques » (Bronckart et Schurmans, 2011, p. 169) d'un point de vue développemental. La première étape de ce développement consiste en l'existence de deux formes d'intelligentes disjointes : « une

¹⁰⁰ Il est ainsi possible de proposer un cadre d'analyse situé du processus créatif. Malinin (2019) propose une définition de la créativité qui la décrit « comme une pratique située, émergeant à travers des interactions personne-environnement (matérielles/technologiques ainsi que socioculturelles). Le terme créativité distribuée est proposé par Sawyer et DeZutter (2009), en s'appuyant sur le concept plus large de cognition distribuée proposé par Hutchins (1995, 2014).

intelligence préverbale ou sensorimotrice et des formes de communication sociale non intellectuelles » (Bronckart et Schurmans, 2011, p. 169). Autrement dit, une forme d'intelligence à l'état primitif procède d'un couplage direct entre l'enfant et son environnement immédiat. Cette intelligence n'est pas seulement sensorimotrice : elle est également accompagnée de réponses immédiates à des stimuli environnementaux. C'est lors de l'étape suivante que l'enfant arrive à créer des inférences entre son action sur le monde et sa résultante. Cette deuxième étape est « une fusion des deux types d'organisations primaires propres à l'espèce humaine » (Bronckart et Schurmans, 2011, p. 169). L'enfant construit une représentation épistémique du monde sur lequel il peut agir, cet agir étant accompagné par le langage des adultes : « il s'approprie les relations de signification existantes entre unités sonores et fragments du monde, et sa connaissance pratique du monde se trouve dès lors réinvestie et réorganisée par ces médiateurs sociaux » (Bronckart et Schurmans, 2011, p. 170). La dernière et troisième étape consiste à intérioriser ce langage, ce qui rend possible ses facultés d'abstraction. Pour Vygotsky (1934/1985), ce langage intériorisé constitue l'organisateur fondamental de tout le fonctionnement psychologique ultérieur : cette pensée consciente est fondamentalement sémiotique et sociale. Cette pensée individuelle est donc le produit de la pensée collective.

La proposition théorique de Vygotsky s'inscrit dans une dialectique de couplage sensorimoteur entre un individu et son environnement. Pour décrire la zone interpsychique, lieu d'un processus cognitif qui serait extériorisé par le sujet, Vygotsky propose le concept de Zone Proximale de Développement (ZPD), qui est : « la distance entre le niveau de développement réel tel que déterminé par la résolution indépendante de problèmes, et le niveau de développement potentiel tel que déterminé par la résolution de problèmes, sous la direction d'un adulte ou en collaboration avec des pairs plus capables » (Vygotsky 1978/86). Les compétences¹⁰¹ et les connaissances développées résultent alors d'un jeu osmotique entre un « dedans » et un « dehors », comme une codétermination qui rendrait les conditions de son émergence (ou de sa « socio-construction ») située.

¹⁰¹ La compétence se révérait alors être le résultat d'une interaction entre le sujet et la tâche, située dans les conditions environnementales de l'activité. Pastré et Samurçay proposent « une définition opérationnelle de la notion de compétence en la considérant comme un rapport du sujet aux situations de travail » (2001, p. 103). En ergonomie, la compétence est située, et ne se révèle qu'en situation : « les compétences d'un opérateur se définissent à partir de son travail, c'est-à-dire de ses activités, lesquelles se réfèrent à des tâches. Activités qui ne sont pas déterminées par ces tâches seulement, mais sont tributaires aussi des caractéristiques spécifiques de l'opérateur, qui a un passé, une histoire une expérience. Il y a codétermination. » (Pastré et Samurçay, 2001, p. 7).

5. Comment nous construisons nos modèles du monde : une approche énergétique de la cognition située

5.1. Un processus énergétique sous-tendant notre rapport au monde

Du point de vue évolutionnaire et neuroscientifique, le couplage cerveau-environnement peut être analysé à l'aune d'un principe de rationalisation énergétique (Edelman, 1993). Le principe de l'énergie libre (PEL), ou *free energy principle*, est un principe général basé sur des modèles mathématiques, appliqués en biophysique d'abord (Helmholtz, 1924/2013), puis en sciences cognitives plus tardivement (Friston, Kilner et Harrison, 2006), qui décrit formellement comment les systèmes physiques suivent les propriétés des systèmes auxquels ils sont couplés. Le PEL établit que la dynamique des systèmes physiques est basée sur une recherche de minimisation de la « surprise », autrement dit, de sa borne supérieure énergétique variationnelle, appelée énergie libre. Friston et collègues (cf. Friston 2009, 2010 ; Friston, Kilner et Harrison, 2006) proposent d'appliquer le PEL comme modèle d'analyse des boucles de perception-action, dans une approche incarnée des neurosciences, où ce principe est également connu sous le nom **d'inférence active**. L'énergie libre¹⁰² est une mesure de la surprise que le cerveau ressent face aux informations sensorielles perçues (Friston, 2012), surprise que les individus vont chercher à minimiser. Buckley et collègues (2017) rappellent que, de manière générale, « le PEL est une approche de la cognition dérivée de la prise en compte de la façon dont les organismes biologiques maintiennent leur état loin de l'équilibre thermodynamique avec leur environnement ambiant » (p. 57). En effet, le PEL décrit une règle selon laquelle tout système biologique continue de modifier ses modèles et comportements internes pour minimiser la différence de prédiction des entrées (*inputs*) sensorielles (Esaki et al., 2022), au risque de ne pouvoir répondre aux changements de son environnement et de ne pas être qualifié de « biologique » : « la minimisation de l'énergie libre peut être une caractéristique biologique nécessaire, sinon suffisante » (Friston, Kilner et Harrison, 2006, p. 74)¹⁰³.

Dans son ouvrage portant sur l'incertitude dans le processus de prédiction-action dans un

¹⁰² Dans son sens originel, en physiques statistiques, *free energy* devrait être traduit par énergie disponible.

¹⁰³ Par conséquent, « le mécanisme qui amène les systèmes biologiques à minimiser leur énergie libre peut être attribué à la pression sélective ; opérant à des échelles de temps somatiques (c'est-à-dire la durée de vie de l'organisme) ou évolutives » (Edelman, 1993, cité par Friston, Kilner et Harrison, 2006, p. 74). Par exemple, Clark (2015) signale que « les agents évolués typiques s'attendent fortement, comme le suggère Friston (2012), à ne pas passer très longtemps dans des environnements peu gratifiants » (p. 264).

paradigme incarné de la cognition, Clark (2015) traduit le principe de l'énergie libre dans le domaine cognitif/informationnel, plus précisément encore dans une démarche de compréhension de l'action incarnée et située, en tant que l'esprit est prédicteur (*predictive mind*). Selon lui, le principe de l'énergie libre fournit un cadre théorique pour comprendre comment le système corporel et cérébral peut minimiser la charge énergétique associée à la prédiction et à l'ajustement des interactions avec l'environnement. La cognition incarnée est donc vue comme un système autoorganisé (voire autopoïétique) qui émerge de l'interaction dynamique entre le corps et l'environnement, en minimisant l'énergie libre nécessaire pour prédire et ajuster ces interactions :

L'énergie libre thermodynamique est une mesure de l'énergie disponible pour effectuer un travail utile. Transposé au domaine cognitif/informationnel, il apparaît comme la différence entre la manière dont le monde est représenté (modélisé) [...] et la manière dont il existe réellement (Clark, 2015, p. 305).

Clark (2022) propose une explication pour résoudre le problème d'incompatibilité apparente entre la cognition étendue et le PEL régi par le principe d'une couverture – limitante *de facto* – de Markov (Friston, 2013) : il suggère que la cognition incarnée peut être vue comme un processus d'autopoïèse étendue, où l'organisme et l'environnement sont interdépendants et co-évoluent ensemble pour maintenir leur équilibre.

5.2. L'inférence active : un processus cognitif orienté vers l'action

Dans le cas de systèmes cognitifs, cette minimisation de l'énergie libre renvoie à l'inférence active (Raja et al., 2021), qui suppose que les organismes agissent pour répondre aux attentes antérieures (évolutionnaires) de leurs états (par exemple, avoir accès à la nourriture) (Pezzulo, Rigoli et Friston, 2015). Cette théorie s'étend au domaine des boucles action-perception, où la perception est considérée comme un processus d'inférence (Gregory, 1980, cité par eux), « dont le but est de minimiser les erreurs de prédiction ou la différence entre les a priori empiriques (qui jouent le rôle d'hypothèses perceptives) et les sensations actuelles » (Pezzulo, Rigoli et Friston, 2015, p. 19). Ainsi, le contrôle adaptatif du comportement, dans une logique de régulation homéostatique, est sous-tendue par ce principe d'inférence active, et suppose un couplage structurel continu entre cerveau, organisme et environnement. C'est ce dernier, via des processus informationnels, qui ferait le lien entre nos expériences passées et internalisées, et la perception en situation, puis entre cette perception située et l'action qui en découle, qui à

son tour influence la perception par proprioception et intéroception¹⁰⁴ ascendantes. Selon Clark (2015), le traitement prédictif propose une vision du cerveau qui s'accorde parfaitement avec le paradigme de la cognition incarnée et environnementalement située : c'est un ajustement constant entre l'organisme et l'environnement, « forgé par l'action et par les flux causaux circulaires qui lient agir et percevoir » (Clark, 2015, p. 295). L'opposition au modèle radical de Chemero (1991) se situe dans le lien causal entre les différents états corporels et environnementaux.

L'inférence active est un « mécanisme combiné par lequel les systèmes perceptifs et moteurs » tentent de réduire les erreurs de prédictions pour adapter l'organisme au monde et « à modifier le monde pour s'adapter aux prédictions » (Clark, 2015, p. 122). Elle renvoie à l'*action-oriented predictive processing*, ou processus prédictif orienté par l'action (Clark, 2013), pour souligner l'aspect descendant (*top-down*) et ascendant (*bottom-up*) des processus cognitifs et perceptifs. L'inférence active montre alors que la perception est « profondément "orientée vers l'action" », dans le sens où l'inférence perceptive prescrit l'action, dans « un monde construit d'actions-affordances » (Clark, 2015, p. 124).

En termes simples, une exposition soutenue à des *inputs* environnementaux amène la structure interne du cerveau à récapituler la structure causale de ces *inputs*, par une réorganisation des modèles internalisés. Par suite, cela permet une inférence perceptive efficace : pour Bruineberg et al. (2018) le principe de l'énergie libre renvoie en fait simplement à améliorer notre préhension sur le « paysage des affordances » afin de réduire l'incertitude.

Cependant, une des critiques que l'on peut soulever envers le PEL, est que la perception du monde en termes de distributions gaussiennes peut être insuffisante compte tenu de la complexité des interactions sensorimotrices présentes dans et à partir du monde réel, de la force des contingences sociohistoriques, qui peut pressuriser les individus, ainsi que celle des trajectoires et histoires individuelles qui peuvent façonner leur perception des situations et de leurs actions. Des auteurs, comme Bruineberg et al. (2018), formulent une interprétation écologico-enactive du PEL, en évitant la séparation entre organisme et environnement (ce que peut suggérer le modèle de la couverture de Markov), et situant le locus de l'inférence active dans l'organisme (situé) dans son ensemble et pas seulement dans le cerveau. De la même

¹⁰⁴ L'intéroception est définie comme l'ensemble des sens percevant l'état interne du corps. Il englobe le processus cérébral d'intégration des signaux relayés par le corps dans des sous-régions spécifiques - comme le tronc cérébral, le thalamus, l'insula, le somatosensoriel et le cortex cingulaire antérieur - permettant une représentation nuancée de l'état physiologique du corps. Ceci est important pour maintenir les conditions homéostatiques dans le corps et, potentiellement, faciliter la conscience de soi (Craig, 2009).

manière, Kiverstein (2020) suggère également qu'une compréhension plus incarnée et située de l'inférence active devrait être envisagée en termes de préparation à l'action : « les relations significatives possibles que l'organisme peut entretenir avec l'environnement deviennent moins étroitement liées à l'ici-et-maintenant » (p. 566). Ce qui nous conduit à envisager un modèle de l'action non compris dans les stimuli proximaux de l'ici-et-maintenant, mais intégrant des stimuli distaux, observables sur le temps long : quid du vécu sensori-moteur, culturel, cognitif et perceptif du sujet ? Autrement dit, comment agissent *online*, des modèles du monde *offline* ? A ce titre, Ramstead, Kirchhoff et Friston (2020), propose que cette inférence serait non pas active mais énaïve. Pour Friston (2022), le fondement de l'inférence active est le fait que notre manière de percevoir le monde est, de manière inhérente, énaïve, autant du point de vue épistémique que pragmatique. Les modèles du monde incorporés, ou ce que le PEL nomme les « modèles génératifs », réfèrent davantage à mode **de contrôle et de régulation de l'action**, donc énaïve et incarné, qu'un traitement purement informationnel requérant l'appel à des représentations ou de règles *a posteriori* (Ramstead, Kirchhoff et Friston, 2020). Les modèles génératifs, dont le rôle est de guider l'action d'une manière sensible au contexte, sont fortement incarnés et n'existent pas en dehors des dynamiques d'actions adaptatives et de sélections de plans (*policies*) de la part de l'organisme (Ramstead, Kirchhoff et Friston, 2020). Pour les auteurs, ces modèles du monde fournissent au sujet un point de *référence* de l'énergie disponible variationnelle : ils considèrent « le modèle génératif comme étant énaïvé et la dynamique de reconnaissance [des stimuli situés] comme étant incarnée » (Ramstead, Kirchhoff et Friston, 2020, p. 235). Ainsi, ces modèles « ne codent rien directement » (p. 236) : ils s'expriment plutôt dans une activité incarnée et exploitent les informations codées dans la dynamique de reconnaissance, ce qui permet à la perception directe de « cohabiter » dans cette approche de la boucle perception-action. Couplé structurellement à l'environnement, un modèle du monde s'actualise donc en permanence en fonction des situations, et ne se manifeste qu'à travers ces situations.

6. Ce qui constitue la distribution temporelle de la cognition : la perception et le cadre

6.1. *Framing* : les cadres de la vie quotidienne et de la vie passée

La situation vise « à externaliser, dans l'environnement et dans la perception mutuelle, rendue possible par la coprésence physique, l'instant de contrôle des comportements » (Quéré, 1997,

p. 172). Lave (1988) identifie l'unité de base d'analyse de l'action située comme « l'activité des personnes agissant dans le cadre ». L'unité d'analyse n'est donc pas l'individu, ni l'environnement, mais une relation entre les deux. Un *setting* est défini par la chercheuse comme « une relation entre des personnes agissantes et les *arènes* en relation avec lesquels elles agissent » ; l'*arène*, chez Lave, renvoyant à un cadre institutionnel stable (Nardi, 1996, p. 36). La cognition située possède cela de spécifique qu'elle dresse un trait d'union entre une approche cognitive de l'explication des comportements humains et une approche microsociologique qui intègre des variables liées à la situation sociale dans laquelle l'acteur se trouve.

Chaque culture dispose l'individu d'un certain nombre d'actions dans des situations sociales afférentes à la culture en question (ainsi, une partie des modèles du monde sont de fait « hérités » à travers la culture). Norman (2013, pp. 128-129) évoque que des chercheurs en sciences cognitives comme Schank et Abelson (1975) proposent que les individus suivent des « scripts » préexistants – internalisés – qui guident leur comportement dans une situation spécifique, de manière séquencée, comme s'ils suivaient un schéma formel culturel internalisé. Ces schémas servent autant pour guider le comportement que pour interpréter les situations et le comportement des autres. Pour Goffman (1973a, b), ces situations constituent des contraintes normatives qui renvoient à des cadres (*frames*), contraintes qui varient en fonction des contextes socioculturels. Pour résumer, le cadrage (*framing*) est un concept utilisé pour décrire comment un individu ou un groupe d'individus forment une perception et une compréhension directes de « Qu'est-ce qui se passe ici ? » (Tannen, 1993).

Le cadrage implique essentiellement deux facteurs concomitants : la sélection et la saillance (Entman, 1993). Entman (1993) en donne la définition suivante :

Cadrer [*framing*], c'est sélectionner certains aspects d'une réalité perçue et les rendre plus saillants [...], de manière à promouvoir une définition particulière du problème, une interprétation causale, une évaluation morale et/ou une recommandation de traitement pour l'élément décrit (p. 52). (...). Les cadres mettent en évidence certaines informations sur un élément faisant l'objet d'une communication, les élevant ainsi en évidence. Le mot saillance lui-même doit être défini : cela signifie rendre une information plus visible, significative ou mémorable pour le public. Une augmentation de la saillance augmente la probabilité que les récepteurs perçoivent l'information, en discernent le sens et la traitent ainsi, et la stockent en mémoire (p. 53).

Les expériences de Kahneman et Tversky (1974) démontrent que les cadres sélectionnent et attirent l'attention sur des aspects particuliers de la réalité décrite, ce qui signifie logiquement que les cadres détournent simultanément l'attention des autres aspects. La plupart des cadres sont définis par ce qu'ils omettent et incluent. Cela rejoint la notion de *disattending* de Goffman (1981) : choisir c'est aussi éliminer, méthodologie d'ailleurs appliquée par l'approche

apophatique (ou la *via negativa*) de manière consciente. Le cadre « permet non seulement d'identifier une situation, de contextualiser un événement et de déterminer à quoi l'on a affaire, mais aussi de régler ses engagements » (Quéré, 2011, p. 235). Le cadre social permet également de réguler l'engagement cognitif, affectif et comportemental en situation¹⁰⁵. L'interactionnisme symbolique peut donc se révéler complémentaire à une approche distribuée et étendue de la cognition. D'ailleurs, dès 1934, Herbert Mead, « dans son approche fondatrice de l'interactionnisme symbolique [...] développait [...] le projet de penser sans césure l'extériorité (les activités observables en tant qu'action constitutive de la dynamique du processus social) et l'intériorité (l'expérience interne de l'individu) » (Bronckart et Schurmans, 2001, p. 155).

Le *framing*¹⁰⁶ (ou cadrage) favoriserait l'apprentissage génératif, « qui se traduit par une utilisation flexible de ce qui a été appris dans un large éventail de situations futures pertinentes » (Engle, 2006, p. 452). La perspective située pourrait induire que l'apprentissage serait non transposable ou non transférable à d'autres situations, dans la mesure où l'émergence de la cognition est favorisée par les conditions sensori-motrices du contexte¹⁰⁷. Le transfert de l'apprentissage d'une situation à l'autre constituerait alors un corolaire de la cognition distribuée dans l'espace et le temps : il existe une continuité entre un moment et un cadre socioculturels (durant laquelle un apprentissage a pu avoir lieu), et un autre possédant les caractéristiques socioculturelles rendant possible le transfert de cet apprentissage par le biais notamment du filtrage perceptif et des éléments saillants, qui font sens pour la situation et pour le sujet (autrement dit pour le sujet *dans* la situation). Pour Goffman (1971), le cadrage est une « organisation cognitive » (p. 493) du monde, « sous-tendue par un processus d'attention sélective » (Friedman, 2011, p. 171), ou, au contraire, d'inattention (*disattending*), elle aussi sélective, de ce qui est censé rester « hors-champs ». Les pratiques culturelles « façonnent la détection active et les façons de voir le monde en mettant en évidence ce à quoi il faut assister et ce qu'il faut voir lorsqu'on y assiste [*attend*] » (Hutchins, 2011, p. 441). Hutchins donne l'exemple de la distinction entre regarder une étoile, et voir une constellation, qui est un

¹⁰⁵ Par exemple, une étude de Scherr et Hammer (2009), montre que l'engagement comportemental de étudiants, ainsi que le contenu de leur discours, interagit avec leur cadrage épistémique de la situation.

¹⁰⁶ Selon Goffman (1974), les cadres fournissent une structure cognitive qui aide les individus à donner un sens aux situations sociales en organisant et en catégorisant les informations. Pour Audran (2010, pp. 85-86), une situation se définit d'au moins trois manières : repérée, vécue, ou résulter d'un partage de sens avec autrui.

¹⁰⁷ A ce titre, nous reprenons ici la note de bas de page dans l'article de Engle (2006) lui-même : « L'hypothèse situationnelle selon laquelle l'apprentissage et la connaissance sont inextricablement situés dans leurs contextes social et matériel (par exemple, J. S. Brown, Collins et Duguid, 1989 ; Hall, 1996 ; Lave, 1988) semble impliquer que la connaissance serait tellement liée au contexte initial d'apprentissage qu'il serait impossible pour quiconque de transférer ce qu'il a appris (p. ex. Anderson, Reder et Simon, 1996; Sfard, 1998) » (p. 452).

construit culturel humain : « une constellation n'existe qu'en vertu de quelqu'un qui la promulgue via une pratique culturelle qui alloue l'attention visuelle d'une manière particulière » (Hutchins, 2008, cité par Hutchins, 2011, p. 441).

6.2. L'écart entre l'attendu et la réalité : un espace sémiotique

L'expression *to think out of the box*, nous enjoint à penser en dehors du cadre habituel dans lequel nous sommes habitués à réfléchir, voire à inhiber nos pulsions cognitives premières (Houdé, 2019), même si cela paraît coûteux cognitivement (et donc « gourmand » en énergie libre). Cette expression constitue aujourd'hui un credo néo-managérial (Magni et Manzoni, 2020) afin de laisser libre court à la créativité individuelle à l'intérieur des organisations. Plus prosaïquement, il s'agit de laisser place à la sérendipité. Le fait d'être encadré cognitivement et culturellement empêcherait de percevoir toutes les contingences d'une situation. Ces limites participeraient, *a fortiori*, de notre enfermement dans un système de pensée, ce qui briderait les processus de créativité et d'imagination. Ainsi, lorsque l'on se retrouve dans une situation présentant un écart entre nos modèles du monde, ou nos « attentes d'arrière-plan » (*background expectancies*) (Garfinkel, 1967, p. 37) et une scène (ou une situation sociale), cela nous obligerait alors de *think out of the box*, de penser en dehors du cadre. Girard et Stark (2009) ont proposé, dans cette même perspective, la notion de « friction créative » : pour les auteurs, « les malentendus, voire les oppositions, du fait de la coexistence de plusieurs systèmes de valeurs et critères d'évaluation au sein d'une même organisation, peuvent avoir des effets bénéfiques sur les mécanismes collectifs, notamment en augmentant la créativité et la capacité d'innover au sein du groupe » (Renard et al., 2021, p. 177)¹⁰⁸. Stark (2009) propose l'expression *sense of dissonance*, pour signifier que l'incompréhension et les tensions générées par la dissonance peuvent aussi être productrices de sens (Stark, 2009), autrement dit à la source du *sense-making* environnemental nouveau, immanent, qui peut alors proposer des schémas d'action pour les sujets en situation¹⁰⁹.

Pour qu'un système cognitif soit opérant, un des enjeux est d'externaliser la cognition, dans la mesure où le cadre fournit le *sens* général d'une situation. Il est le produit d'une tension entre

¹⁰⁸ Ce serait d'ailleurs la pratique créative qui concrètement « fait » la communauté et marque la différence avec d'autres types de groupes et/ou collectivités (Roberts, 2006 ; Brown et Duguid, 2001).

¹⁰⁹ Un autre type de tension réside dans les erreurs de cadrage. Un mauvais cadrage, c'est-à-dire une erreur cognitive, peut « soit induire des contresens, du non-sens ou des engagements mal ajustés, soit rendre impossible la coordination des actions » (Quéré, 2011, p. 235), des sujets dans un système cognitif distribué, ce qui rend le système inopérant.

le général et le particulier : une tendance immanente des situations à produire leurs propres cadres à partir de la dynamique des sujets ; une tendance des sujets à « emporter avec eux » les résidus des moments socioculturels, qui ont participé à la constitution de leurs filtres perceptifs et des catégorisations. En effet, dans *Frame Analysis* (1974), Goffman avance, parmi les fonctions de réajustement (*keying*¹¹⁰) social du cadrage, ce qu'il nomme le *regrounding* (ou « réancrage »), par l'exercice de la liberté des sujets en situation. Il s'agit de « la réalisation d'une activité plus ou moins ouvertement pour des raisons ou des motivations considérées comme radicalement différentes de celles qui régissent les acteurs ordinaires » (Goffman, 1974, p. 74). Le concept de cadre est pour Goffman autant intrinsèque que structural (Jameson, 1976). Le cadre participe ainsi de la distribution de la cognition, en tant que lieu et moyen du processus cognitif, en ce qu'il est :

- Externalisé : les individus s'appuient sur le cadre afin de définir socialement et culturellement la situation ; il fait partie de la structure cognitive distribuée.
- Il est en lui-même un état représentationnel d'une information propagée dans le système cognitif.
- Il constitue l'espace interpsychologique entre les sujets en interaction.
- Il va conditionner le sens donné au sujet aux différentes situations (moments socioculturels) et aux objets internalisés subséquentement.

Ces cadres comprennent des croyances, des normes et des attentes culturelles partagées qui influencent la façon dont les individus perçoivent, agissent et réagissent au monde qui les entoure. Ils façonnent, pour partie, la compréhension qu'ont les individus des rôles sociaux, des identités et des comportements et interactions appropriés associés à des situations spécifiques¹¹¹.

6.3. La préparation à la perception : une première hypothèse d'un référentiel interne

En fonction de leur culture, les individus perçoivent les choses différemment (Friedman,

¹¹⁰ La transformation d'un cadre initialement donné en quelque chose d'autre, avec un changement de sens résultant.

¹¹¹ Il est important de noter, en cohérence avec notre positionnement paradigmatique, que si le cadrage permet aux sujets de « construire » des régularités dans le flux des expériences sociales, que l'approche proposée par Goffman dans ses publications successives (notamment dans *Frame Analysis*, 1974), « n'élimine pas tout à fait le problème d'une réalité "naturelle" ultime qui pourrait être indépendante de la construction sociale » (Jameson, 1976, p. 127).

2011)¹¹². Il est ainsi possible d'étudier une « histoire sociale des différences de perception » (Friedman, 2011, p. 162). Différentes capacités perceptives (Mills, 1962, cité par Friedman, 2011) existent également parmi des individus d'une même période historique, voire d'une même culture. Par extension, un novice ou un expert ne vont pas percevoir la même chose dans une situation identique¹¹³ ce qui donnerait lieu alors à des « communautés perceptuelles » (Friedman, 2011, p. 163)¹¹⁴, ce qui induirait une dimension sociologique de la perception, à travers des « processus d'inculturation perceptuelle » (Friedman, 2011, p. 163). L'implication du point de vue de la phénoménologie serait alors une approche « déflationniste » de la notion de « correspondance directe point par point » (Merleau-Ponty, 1962) entre la réalité et sa perception, l'hypothèse de l'existence d'un filtre perceptif pouvant être avancé. Notre manière de percevoir le monde agirait alors comme un « tamis culturel », lié étroitement à un continuum de moments vécus socioculturels, socialisants et constructivistes du point de vue de la cognition, participant à structurer ce que l'on pourrait nommer un **référentiel interne**, à la suite de Schütz (1987) qui a proposé la notion de « schème de référence » (p. 12), en avançant que « toute interprétation du monde est fondée sur une réserve d'expériences qui sont à la fois transmises par la socialisation et constituées au cours de l'histoire de vie » (Bronckart et Schurmans, 2001, p. 155).

Antérieurement, dans son article *On perception readiness*, que nous pourrions traduire par la « préparation à la perception », Bruner (1957) distingue deux classes de phénomènes perceptifs : les perceptions auxquelles nous attribuons un sens et les perceptions provenant du monde sensible à partir duquel nous inférons des identités (en termes de classement ou d'appartenance à une catégorie)¹¹⁵. Ce contact avec des traces mémorielles s'établit alors sur la base d'inférences conscientes ou inconscientes en fonction de la correspondance entre ces expériences passées et la situation sensorielle, cognitive et socioculturelle présente. Pourrions-nous alors évoquer la notion de **disposition à percevoir** ?

Bruner (1957) est annonciateur de l'inférence active comme type de perception distincte d'une

¹¹² Friedman (2011) rappelle que selon la séquence historique, et le paradigme (Kuhn, 1962) afférent, les scientifiques vont percevoir différemment les phénomènes observés : les relations entre les acteurs et les objets (ou les phénomènes) présentent alors des affordances différentes en fonction du paradigme historique.

¹¹³ Comme l'exemple de l'expert en échecs qui reconnaît directement un réseau de mat selon la position des pièces sur l'échiquier, contrairement au novice.

¹¹⁴ Voir les « communautés optiques » chez Zerubavel (1997).

¹¹⁵ Par exemple, dans la tradition gestaltiste, Wallach (1949) fait la distinction entre « un processus de stimulus pur [le contenu de la perception] et le processus de stimulus interagissant avec une trace de mémoire d'expériences passées avec lesquelles nous établissons un contact neuronal sur la base de la similarité [le percept abouti] » (Bruner, 1957, p. 125) rencontrées lors de situations.

perception directe : le sujet qui perçoit en y étant préparé, « peut agir via des *inputs* assez minimaux, [et] est également en mesure d'utiliser sa préparation à la cognition [*cognitive readiness*] non seulement pour percevoir ce qui est devant lui, mais aussi pour prévoir ce qui est susceptible d'être devant lui » (Bruner, 1957, p. 130). Il s'agit donc d'être perceptivement « préparé » à se retrouver dans des situations socioculturelles précises, via des attentes. La *cognitive readiness*, puisqu'il est question d'inférer à partir d'*inputs*, est une nécessité pour la *perceptual readiness*. Cela impliquerait donc que le vécu socioculturel du sujet est un vécu « multicadres » (cf. la notion de dispositions hétérogènes intra-individuelles, Lahire, 2006).

Redish (2004) a proposé l'idée de « cadres épistémologiques » à partir du modèle de ressources de la connaissance (*resource model of knowledge*) et de celui du *framing* en linguistique et en anthropologie. Un cadre agit comme un schéma d'activations localement cohérent (dans le sens où le schéma se maintient pendant un certain laps de temps, et « local » dans le sens où cette cohérence peut être spécifique à un moment ou à un contexte) (Hammer et al., 2005). Les « cadres épistémologiques » constituent une approche dynamique du *framing* : les cohérences émergent des activations et des interactions de nombreux éléments cognitifs en situation (Scherr et Hammer, 2009). Ces dernières peuvent impliquer des ressources à l'intérieur de l'esprit d'un individu ou entre plusieurs individus ou un groupe, ce qui est cohérent avec une approche distribuée socialement de la cognition, quand-bien-même située dans un processus de cadrage perceptuel d'une situation sociale. **Le cadre agit donc comme un « catalyseur » des dispositions à percevoir** : il contribue à les révéler en situation.

Le lien entre les dispositions individuelles et le cadre est donc interactionnel. Les dispositions à percevoir participent à définir le cadre de manière épistémique, et le cadre permet à la disposition de s'actualiser en situation. Scherr et Hammer (2009), dans une conclusion « distribuée de la cognition », considèrent le groupe comme unité d'analyse, pour comprendre comment ses membres cadrent ensemble les significations de la situation lors d'activités d'apprentissage :

Nous concevons le cadrage comme étant distribué dans l'ensemble du groupe et de ses matériaux ; nous pourrions nous demander : "Comment un groupe d'étudiants cadre-t-il ce qu'il fait ?" de la même manière que Hutchins (1995) a demandé : "Comment un cockpit se souvient-il de ses vitesses ?" Autrement dit, nous pourrions considérer le groupe comme l'unité cognitive et étudier les stabilités et les transitions de son raisonnement. Dans cette perspective, les comportements que nous avons mis en évidence ne seraient pas des métamessages en soi, mais des caractéristiques intégrales du cadrage de groupe (Scherr et Hammer, 2009, p. 172).

Dans cette dialectique entre l'individu et le groupe, le cadrage est vu autant comme un raisonnement individuel (Tannen, 1993) qu'une dynamique sociale interactionniste (Goffman,

1981). Ces moments, possédant une cohérence sémiotique interne au niveau local, peuvent ensuite être reliés perceptivement et cognitivement à des moments ultérieurs, puisque les sujets catégorisent et se « préparent » à percevoir par processus d'incorporations successives de la culture (Bateson, 1972). Ce processus peut être interprété comme une construction incrémentale d'une culture perceptive dans une niche écologique, du moins au sein d'une communauté : on apprend à percevoir ce qui « mérite » d'être perçu (comme au sein de communautés de perception de Zerubavel, 1997).

Pour Bruner (1957), puisque la perception implique l'inférence, elle se base sur un processus décisionnel, bénéficiant d'une préparation culturelle en amont. La sémio-pragmatique de la situation implique une perception, accompagnée d'une reconnaissance culturelle et sémiotique, qui va servir de référentiel pour les inférences établies par le sujet¹¹⁶. Néanmoins, l'inférence active peut opérer de manière non conscientisée : nous ne sommes pas toujours en mesure de verbaliser précisément ce que nous avons incorporé à travers nos différentes expériences, encore moins ce qui va se jouer, de ces « dispositions incorporées au cours du parcours individuel » (Lahire, 2014, p. 87) et en situation. Bruner (1957) tente une définition des différentes étapes lors de ce processus décisionnel : a. *La catégorisation primitive* (« processus silencieux qui aboutit à l'isolement perceptuel d'un objet ou d'un événement présentant certaines caractéristiques distinctes » (Bruner, 1957, p. 131) ; b. *Recherche d'indices* (lorsqu'il y a un manque de "**congruence**" entre la pré-catégorisation et la situation, le sujet opère une recherche d'indices plus approfondie dans l'environnement¹¹⁷) ; c. *Vérification de la confirmation* : « Nous parlerons d'un processus de filtrage sélectif qui entre en action à cette étape, ayant pour effet de réduire l'apport effectif de stimulation non pertinent pour le processus de confirmation » (p. 131)¹¹⁸ ; d. *Achèvement de la confirmation*. Fin du processus de recherche d'indices : « l'ouverture à des indices supplémentaires [est] considérablement réduite, et les indices

¹¹⁶ C'est ce que Simonian (2022) nomme l'affordance culturelle : tout objet ou information dans le monde est un objet-signal (sensori-moteur) et culturel (dans le sens d'un apprentissage). Les objets techniques sont des objets sociaux puisqu'ils permettent la mise en relation du sujet avec l'environnement, et sont issus d'une volonté politique d'organiser la cité et la production.

¹¹⁷ « Qu'est-ce que c'est que cette chose ? » Ici, on explore l'environnement à la recherche de données permettant de trouver des indices qui permettent de placer l'objet de manière plus précise » (Bruner, 1957, p. 131). Une recherche active par le sujet se met en place, ce dernier étant « ouvert à une stimulation maximum » (p. 131).

¹¹⁸ Ce processus de filtrage actif n'est pas sans rappeler l'attention sélective afférente au processus de cadrage social expliqué par Goffman (1981) (*disattending*). Cela démontre une propriété de notre système cognitif, sans doute pour diminuer l'incertitude (et réduire les coûts cognitifs induits), d'opérer à un compromis entre conserver une mauvaise interprétation du monde et ne pas avoir d'interprétation du tout. Pour Hutchins (1995), ce phénomène peut également opérer au niveau groupal. Ainsi, certaines formes d'organisation sociale de travail cognitif vont exacerber les biais de confirmation individuels (une erreur de perception peut se propager dans le système, par exemple), tandis que d'autres formes d'organisation peuvent en faire une adaptation fonctionnelle.

incongrus [sont] soit normalisés, soit "filtrés" » (p. 131)¹¹⁹.

La communalité entre la préparation à la perception, le principe de *disattending* de Goffman et l'attention sélective, consiste en ce que l'on se « ferme » cognitivement et perceptivement aux sérendipités situationnelles afin de garantir une congruence *a minima* entre nos attentes de perception et les caractéristiques de la situation. Notre capacité étant limitée en termes d'attention et d'effort mental (Kahneman, 1973), il semblerait logique que l'humain opère via une désélection active des stimuli sensoriels lors de situations sociales ou de tâches cognitives, dans une perspective d'économie de ressources mentales (Just et Carpenter, 1992). Inversement, plus il se familiarise avec une tâche, moins elle est gourmande en énergie : dans une économie d'attention et d'action, c'est la loi du moindre effort qui préside (Kahneman, 2011). Si les conditions sont réunies et familières (pas de gêne matérielle, pas de stimuli entraînant une incongruité perceptive, pas de dissonance cognitive, entraînant une tension cognitive et physiologique ou un stress), alors la tâche sera réalisée dans un état de fluidité cognitive, moins coûteuse : « vous avez le sentiment que la situation que vous vivez est d'une confortable familiarité » (Kahneman, 2011, p. 95). Il est aussi possible de supposer que le sujet recherche, en permanence, des indices perceptifs dans son environnement, pour retrouver des cadres familiers ou/et évaluer le niveau de familiarité d'un cadre. Il va ainsi procéder à des décisions économiques, en estimant les probabilités de se retrouver dans un environnement ou des cadres correspondant avec ses dispositions.

Pour Bruner, le sujet *ready* (prêt à percevoir) va opérer de manière adéquate pour non seulement être prêt pour des événements probables dans l'environnement, mais aussi pour se mettre dans des dispositions attentionnelles les moins coûteuses cognitivement. Il doit être capable de rechercher les objets et événements les plus essentiels pour lui, afin de « maintenir son organisme et son entreprise » (Bruner, 1957, p. 132), maintenir son *conatus* (cf. **Partie I.7**, p. 116), son effort général de vie vers la persévérance dans son être.

Les situations nouvelles étant constitutives du développement du sujet, le coût cognitif évoqué par Bruner, serait une charge cognitive utile pour l'apprentissage. Un manque de préparation mènerait à une surcharge cognitive en situation. Pour Bruner, la disponibilité perceptive, ou la préparation à la perception, voire l'accessibilité perceptive, remplissent deux fonctions :

¹¹⁹ Bruner et collègues (Bruner et Postman, 1949 ; Bruner, Postman et John, 1949) ont montré dans des expérimentations sur la perception de l'incongruité, que lorsqu'un objet a été catégorisé comme cohérent avec la situation, la reconnaissance des indices contraires à cette catégorisation se trouve être facilitée. Filtrer perceptivement les informations non pertinentes pour la tâche contribue à diminuer la charge cognitive (Kahneman, 1973).

« minimiser la valeur de surprise de l'environnement en faisant correspondre l'accessibilité des catégories aux probabilités des événements dans le monde qui nous entoure, et maximiser l'obtention des objets et des événements recherchés » (1957, p. 133). Nous comprenons ici que la préparation à la perception est interdépendante des différents moments sociaux et cadres sociaux, mais aussi en lien avec la minimisation de la surprise (de l'énergie libre) lors de situations qui exigent de la part des individus des prises de décisions. D'ailleurs, le phénomène d'incongruité est problématique pour les théories de la perception (Bruner et Postman, 1949), car par sa nature même, la perception représente une violation des attentes du sujet vis-à-vis de la situation, construite sur la base des échanges passés avec l'environnement. Les sujets vont alors présenter différents mécanismes de réaction à cette incongruité, qui, dans tous les cas, présente un coût cognitif supplémentaire (Lisjak, Molden et Lee, 2012). Il apparaît ainsi heuristique, pour comprendre les processus psycho-perceptifs en situation, de prendre en compte autant les spécificités culturelles de cette situation que les caractéristiques individuelles.

6.4. Lien entre perception, cognition et culture

Pour Hutchins (2011), les pratiques culturelles incluent des manières particulières de voir (ou d'entendre, ou de sentir, ou de goûter) le monde. La perception serait à la fois un phénomène cognitif et socioculturel dans le sens où percevoir est une unicité sensorielle dans notre relation avec des objets possédant une « histoire commune » dans nos expériences socioculturelles, les phénomènes perceptifs et catégoriels (liés à la mémoire) opérant simultanément (Versace et al., 2018)¹²⁰.

L'idée d'un référentiel comme ressource cognitive, ou d'une disponibilité interne, suppose alors un travail de pré-catégorisation, dont le construit est le fruit de nos expériences incarnées, donc sensorielles et perceptives avec le monde, qui sont dépendantes directement des activités et des normes culturelles de notre milieu : « toute cognition de haut niveau est le produit d'un système qui inclut des pratiques culturelles, des habitudes d'attention et des façons d'utiliser le corps dans l'interaction avec son environnement matériel et social » (Hutchins, 2008, p. 2013). Les pratiques culturelles constituent en ce sens un inventaire de ressources cognitives.

¹²⁰ « La cognition dépend toujours à la fois de composants présents et de composants recréés. On ne peut pas imaginer de phénomène perceptif sans mémoire et inversement de phénomène mnésique indépendant de la situation perceptive dans laquelle il intervient, la situation englobant l'environnement physique et social mais aussi l'activité et les buts de la personne » (Versace et al., 2018, p. 35).

6.5. Perception et affordances : le plan d'action en situation

Dans la tradition éco-anthropocentrée (Simonian, 2014), le phénomène d'affordance peut être décrit d'après une thèse relationnelle entre un objet et un humain dans un environnement signifiant, au sein duquel cette relation est conçue comme unité d'analyse¹²¹. Pour autant, différentes approches de l'affordance essaient d'analyser la boucle perception-action. Dans certains cas, il est démontré que la perception entraîne l'action¹²². L'importance de l'expérience incarnée est par ailleurs mise en évidence dans une des implications théoriques dans la recherche de Pezzulo et collègues (2010) impliquant des escaladeurs en fonction de leur niveau d'expertise : « les performances de la mémoire sont meilleures lorsque les grimpeurs sont autorisés à former des segments moteurs¹²³, et non lorsqu'ils utilisent des stratégies de mémoire reposant sur la saillance visuelle de certaines prises » (Pezzulo et al., 2010, p. 72). Un autre point fondamental mis en évidence par cette étude, en écho à la dimension « brunerienne » de notre proposition, est que l'activation d'une simulation motrice n'est possible que lorsque la réalisation d'une séquence d'actions donnée fait partie de la compétence motrice des participants. Autrement dit, cette possibilité de couplage perception/simulation renverrait à des dispositions liées à l'expérience du sujet, donc à son expertise, à sa préparation (*readiness*) à ladite situation. C'est son expertise, qui provient de son expérience incrémentale, qui lui donne la faculté à segmenter mentalement le processus moteur antérieur à l'action¹²⁴.

¹²¹ « En ce sens, il n'y a pas d'un côté, l'objet qui attire l'attention et de l'autre le sujet qui en a besoin, mais une unité sujet/objet qui traduit une double dynamique : celle de vecteurs internes (du sujet vers l'objet) et celle de vecteurs externes (de l'objet vers le sujet) » (Simonian, 2014, p. 32).

¹²² Pezzulo et al. (2010) ont mis en évidence que lorsque des escaladeurs possèdent la compétence motrice leur permettant de gravir un itinéraire donné, ils simulent de le faire. La perception visuelle des affordances conduit ainsi à l'activation d'une simulation motrice. À l'inverse, aucune simulation motrice ne serait activée lorsque les grimpeurs observent des prises qui sont perceptivement saillantes (c'est-à-dire ayant des couleurs vives) mais non utiles pour escalader le mur dans un itinéraire donné, c'est-à-dire lorsque les prises n'entraînent pas d'affordances (ou lorsqu'elles sont cachées, voir Gaver, 1991). Il y aurait ainsi une présélection, voire un filtrage *a priori*, des éléments de l'environnement non utiles pour l'action. De plus, les prises saillantes (donc entraînant un couplage affordant sujet-objet) suscitent une simulation corporelle et motrice (dans les réseaux neuraux identifiés par EEG), et non une simulation purement visuelle. La perception de l'espace serait donc structurée par les possibilités d'action (Dutriaux et Gyselinck, 2016), possibilités qui font que cet espace fait sens pour le sujet.

¹²³ *Motor chunks*, autrement dit, des simulations motrices par segmentation basés sur des séquences de possibilités d'action réelles, ce qui, à son tour, conduit à un meilleur rappel d'un itinéraire donné. Les auteurs indiquent en note de bas de page que « le mécanisme putatif de segmentation motrice devrait aller de pair avec la planification motrice plutôt que d'être un processus purement de récupération de la mémoire » (p. 72) ; ce qui renverrait donc à un processus énatif.

¹²⁴ Dans un autre domaine, celui des échecs, une étude célèbre de Chase et Simon (1973) sur la perception pendant une partie d'échecs, étudie de quelle manière le niveau d'expertise influence le rappel des positions d'échecs chez

Il existe ainsi des affordances pragmatiques (comme dans le cas de la simulation motrice) et des affordances épistémiques (cas de la perception de schémas théoriques) (Friston, 2022 ; Morgani, 2011). Ces résultats suggèrent que la capacité à simuler est modulée par les expériences antérieures (E., Gibson et Pick, 2000), qu'elles soient motrices ou cognitives, conformément aux théories idéomotrices de la perception et de l'action, ainsi qu'avec l'approche écologique, qui met en avant le rôle de l'interaction du corps avec l'environnement dans la perception visuelle (Gibson, 1979), et qui postule que « le rôle de la perception n'est pas simplement de représenter passivement l'environnement, mais d'aider l'organisme à interagir avec l'environnement en guidant l'action » (Dutriaux et Gyselinck, 2016, p. 422). Ce qui revient à avancer que si « la perception est incarnée » (Dutriaux et Gyselinck, 2016, p. 425), elle procéderait alors de « "schèmes perceptifs" transposables par reconnaissance et généralisation assimilatrices » (Piaget, 1972, p. 136). Du point de vue de la cognition incarnée, ces schèmes seraient modaux. Ce qui nous mènerait alors à tenir une position intermédiaire, quant à la dynamique de couplage structurel sujet-objet dans la boucle perception-action : dans certains cas, la situation contraint « à faire appel » à des construits internes au sujet, à un référentiel interne, ce qui supposerait alors une approche « déflationniste » de la perception directe, propre à la théorie écologique de l'affordance (Gibson, 1959) et permet de s'inscrire - pour partie – dans les travaux actuels de l'affordance (E., Gibson, 2000 ; Morineau, 2011 ; Simonian, 2022).

6.6. Une approche cognitive articulée avec une sociologie cognitive et dispositionnaliste

En réponse aux « limites socioculturelles de l'approche gibsonienne » (Morgagni, 2011, p. 248), la perception étant une « simple reconnaissance d'une information faisant partie du champ optique ambiant » (Morgagni, 2011, p. 248), Simonian (2014, 2019, 2022) propose une approche socioculturelle de l'affordance. Aux offres de l'environnement, il ajoute à la suite de Stoffregen (2003) l'intention du sujet ainsi que ses caractéristiques physiques et perceptives, qui dépendent de son histoire socioculturelle mais également des contraintes liées aux caractéristiques institutionnelles du lieu dans laquelle l'action est inscrite (*embedded*).

les joueurs novices et experts. Les joueurs experts surpassent les novices dans le rappel des positions d'échecs significatives (c'est-à-dire correspondant à des parties, des positions connues, ou théoriques), mais pas dans les positions non significatives (qui ne correspondent pas à une position provenant d'une partie à partir d'ouvertures théoriques, c'est-à-dire déjà rencontrées ou étudiées par les joueurs experts). Les auteurs suggèrent qu'un plus grand empan de segments mentaux, ou théoriques, (et non pas moteurs comme dans l'exemple des escaladeurs) de positions d'échecs des experts (dû justement à leur expertise/expériences passées) leur permet de reconnaître des modèles complexes en tant qu'unités individuelles et donc de mieux se les rappeler.

Par son expérience, un sujet va percevoir les affordances d'une organisation humaine du point de vue sociomatériel, *i.e.*, des possibilités d'action, dans des interstices informelles, reconnaissables uniquement à travers des « lunettes » socioculturelles (Zerubavel, 1997). Ceci implique d'étudier des *microcultures* (Hall, 1971) : « ce terme renvoie à un système de classification proxémique¹²⁵ et implique un ensemble spécifique de niveaux relationnels avec les autres parties de ce système » (p. 129). Le niveau *microculturel* est le lieu des observations proxémiques.

En invoquant la psychologie et l'anthropologie culturelles, ainsi que la sociologie des sujets et des situations, notre approche relève d'un dialogue « écologique » entre sciences sociales et sciences cognitives (Clément et Kaufmann, 2011). Une éco-sociologie cognitive (Zerubavel, 1997) peut se donner les moyens méthodologiques d'une sociogenèse à partir des contextes d'actions passées de socialisation, « c'est-à-dire en tant que cadres sociaux de leur formation et de leur intériorisation par les acteurs » (Lahire, 2011, p. 137), afin de comprendre les phénomènes cognitifs et perceptifs actuels. Une « éco-sociologie psychologique » impliquerait que la notion de disposition soit centrale pour penser ce passé incorporé à l'échelle individuelle, ce qui n'a pour l'instant pas eu de place centrale dans l'analyse du monde social (Lahire, 2001, p. 126). D'après le sociologue, il est difficile de comprendre cette notion de disposition si l'on fait l'économie de l'étude de sa genèse ; il est donc nécessaire de définir les moments sociaux, notamment du point de vue perceptif¹²⁶.

Une sociologie dispositionnaliste (Lahire, 2006, 2011) se propose d'analyser les conduites sociales en fonction des expériences incorporées de socialisation passées, tout en étant confrontées et actualisées à l'aune des situations sociales vécues. Pour Lahire, « qu'elle parle de dispositions, d'habitudes, d'inclinaisons, de penchants, de propensions, d'ethos ou d'habitus, les théories de l'action de la pratique dispositionnaliste se distinguent de leurs concurrentes par la prise en compte dans l'analyse des pratiques ou des représentations sociales du passé des acteurs » (Lahire, 2011, p. 140). Par exemple, si la sociologie interactionniste symbolique de Goffman (1971) étudie l'« arrivée » (les cadres de la vie quotidienne), elle ne cherche pas à

¹²⁵ Dans le langage de Hall, le terme de proxémie définit l'ensemble des observations et des théories concernant l'usage de l'espace par l'Homme.

¹²⁶ Il serait ainsi possible de reprocher à la notion d'habitus telle que définie par Bourdieu, en tant qu'acquisition et d'incorporation de pratiques culturelles, un manque de précision à propos de ce à quoi renvoient les dispositions correspondantes à ces pratiques, ce dernier définissant les pratiques de distinction à partir de « la rareté des conditions d'acquisition des dispositions correspondantes », « socialement constituées par leurs auteurs » (Bourdieu, 1979, cité par Lahire, 2001, p. 126). Comment sortir alors de cette définition circulaire ? Et surtout, quid du processus d'intériorisation, mais aussi d'actualisation de ces dispositions ?

reconstituer le passé social, les socialisations passées, des acteurs. De même, la sociologie pragmatique (Boltanski et collègues, 1991, 1999), est également très contextualisée, et n'analyse pas suffisamment la sociogenèse des compétences (comme les montées en généralité ou l'appel à des mondes communs) des acteurs. Ni les sujets, ni leurs pratiques, n'évoluent pourtant hors-sol, comme si les expériences éprouvées intellectuellement, émotionnellement et physiquement, ne pouvaient avoir d'incidence sur la manière d'expérimenter le présent. Une **sociologie dispositionnaliste** intègre alors dans son épistémologie et dans son éthique, le passé (la mémoire) des sujets, mais aussi leurs dispositions à anticiper le futur. La question est donc de savoir comment des dispositions vont s'actualiser ou non en situation (en fonction du cadre). Si l'on attribue une disposition à un sujet, on suppose alors qu'il aura « une tendance, une propension à agir d'une certaine manière dans un contexte déterminé », propose Lahire (1998, p. 95), et plus spécifiquement, ajouterions-nous, dans un contexte susceptible d'actualiser ces dispositions.

Au sein de la proposition sociologique du dispositionnalisme, il est possible d'avancer que les processus sociaux puissent être qualifiés de cognitifs, en tant que processus observables, « par référence à l'émergence de formes incorporées résultant de l'interaction, et non par référence à une capacité de reproduction d'un donné indépendant » (Peschard, 2004, p. 195), en accord avec le paradigme éactif et incarné.

7. Le monisme spinoziste : une première approche distribuée

7.1. Monisme et rupture par rapport au cartésianisme

Spinoza (1632-1677) est un philosophe néerlandais du XVII^e siècle connu pour son monisme, c'est-à-dire son affirmation de l'existence d'un seul principe sous-jacent à toute réalité : « Dieu ou la Nature » (*Deus Sive Natura*) (expression dans laquelle le « ou » a toute sa valeur d'équivalence stricte). La rupture de Spinoza avec Descartes tient dans son affirmation d'un seul principe sous-jacent à toute réalité, rejetant ainsi le dualisme cartésien, qui distingue deux substances, l'âme et le corps. Alors que Descartes considère les propriétés de ces deux substances, avec leurs attributs spécifiques, Spinoza soutient que le corps et l'esprit ne sont que des aspects différents d'une même réalité.

Avant Spinoza, l'approche dualiste de Descartes fût critiquée par des philosophes « matérialistes ». Ainsi Gassendi (1592-1655), philosophe et mathématicien français du XVII^e siècle, considérait la méthode cartésienne du doute comme trop radicale et ne prenait pas en

compte les croyances communes et les évidences expérimentales (Lolordo, 2005), et a critiqué le dualisme cartésien, au nom de l'affirmation matérialiste selon laquelle le corps et l'esprit sont des aspects différents d'une même substance, la matière précisément. Il opposa donc au *cogito ergo sum* de Descartes (je pense, donc je suis), un *ambulo ergo sum* (je marche, donc je suis).

De la même manière, Spinoza donne au corps la même « dignité » qu'à l'esprit : « s'il fallait attendre, pour constituer la science, que la critique ait définie les conditions de la certitude, s'il fallait, pour savoir, savoir ce que c'est que savoir, il n'y aurait jamais eu de science » (Moreau, 1971, p. 26). D'après Moreau (1971), Spinoza utilise dans son *Ethique*, la méthode déductive, comme le montrent ses propositions, démonstrations, corollaires et scolies. Son hypothèse de départ est l'idée de l'Être absolu, principe de toute vérité et de toute réalité : la substance « ce qui est en soi et est conçu par soi » est une et une seule. Spinoza distingue la substance, la chose en soi, les « attributs » et leurs « modes », à l'intérieur du déterminisme de la Nature¹²⁷. La substance est « déterminable », c'est-à-dire exprimée dans chacun des attributs qui la constituent : l'étendue en est ainsi une des déterminations. À la suite d'Aristote, Spinoza distingue donc la substance, la chose en soi, par opposition aux accidents (comme modes locaux), qui relèvent de contingences à l'intérieur d'un déterminisme de la Nature. Existerait-il de la place pour des causes contingentes¹²⁸ dans cette Nature déterminée, où la substance ne se confondrait pas avec ses attributs ?

Chez Spinoza, la réponse est non. A la différence du système cartésien, qui voit en l'étendue un attribut de la substance corporelle, et en la pensée un attribut d'une substance spirituelle, pour Spinoza, il n'y a qu'une seule et unique substance, qui se suffit à elle-même, qui est sa propre raison d'être, l'absolu qui se déploie en une infinité d'attributs. En quelque sorte, les événements temporels, comme causalités immanentes, sont inscrits dans un absolu déterminé, la chose en soi infinie et cause d'elle-même. Chez lui, la substance existe par nécessité, cette nécessité provenant de la substance elle-même, au contraire des accidents selon Aristote, dont le caractère est contingent, c'est-à-dire qui peuvent ne pas être, ou être un « prédicat non

¹²⁷ Pour Aristote, « le déterminisme consiste essentiellement dans le passage de la puissance à l'acte d'une détermination apportée à une matière qui la contient virtuellement » (Césari, 1950).

¹²⁸ Le courant philosophique du compatibilisme conçoit que le déterminisme n'est pas incompatible avec le libre arbitre, il est même une condition de la liberté humaine dans la mesure où les lois de la nature rendent les phénomènes prévisibles, scientifiquement compréhensibles, techniquement contrôlables et assurent qu'il y a bien un lien causal entre nos décisions et nos actions. Pour (Goglin, 2013), la théorie compatibiliste est défendue par de nombreux philosophes depuis ses élaborations successives par Hobbes (1588-1679), Locke (1632-1704) et Hume (1711-1776). Pour lui, « les compatibilistes n'affirment pas que le déterminisme est vrai. Ils envisagent seulement qu'il soit possible et, en conséquence, affirment que son existence ne remet pas en cause l'existence du libre arbitre » (p. 4).

nécessaire », comme le note Leibniz (Lærke, 2009).

Toutefois, chez Spinoza, sont contingentes (*contingens*) les choses singulières en tant que rien dans leur essence ne pose nécessairement leur existence ou leur inexistence¹²⁹. Autrement dit, nous pouvons poser que certains modes finis (locaux), comme des événements ou des situations, sont contingents par nature, et ceci est inscrit dans leur essence. En effet, dans le système spinoziste, les attributs et les modes héritent du caractère déterminé de la substance, par « inhérence et causation » (Melamed, 2006, p. 44). Il est donc une dialectique entre la contingence des accidents présents dans le monde et le déterminisme absolu. Pour Spinoza, l'Homme « n'est pas un empire dans un empire », c'est-à-dire qui échapperait aux actions mécaniques de la nature par la possession d'une âme immatérielle. Corps et âme seraient alors deux mêmes choses, mais considérées de deux points de vue : ce sont deux attributs de la substance une et unique, celui de l'étendue et celui de la pensée.

L'immanentisme caractérise la pensée de Spinoza : toute chose est immanente (*causa immanens*) et déterminée à la fois, et « toutes choses se rapportent à Dieu par une relation d'inhérence » (Lærke, 2009, p. 170)¹³⁰. C'est la particularité de la philosophie de Spinoza (*Deus sive Natura*).

Au contraire de Descartes, la définition aristotélicienne est reprise, mais au regard d'une conception unitaire de la substance : celle-ci est le sujet d'inhérence des divers attributs, qualité ou propriété que nous percevons dans un objet. Tout attribut est la propriété d'un sujet. Moreau (1971) précise : « tandis que, pour Descartes, l'étendue et la pensée étaient les attributs respectifs de deux sortes de substances, les substances pensantes ou esprits, la substance étendue ou les corps, Spinoza regarde l'étendue et la pensée comme deux attributs de la substance unique » (Moreau, 1971, pp. 30-31). Ainsi, la substance pour lui est cause d'elle-même (*causa sui*)¹³¹. La substance serait donc la causalité d'elle-même et de toute chose, la notion de *causa sui*, étant « prise dans le sens d'une véritable autoproduction » (Lærke, 2009, p. 174). Pour de Peretti, « [Spinoza] va commencer par concevoir la substance infinie de Dieu

¹²⁹ « J'appelle les choses singulières *contingentes*, en tant que nous ne trouvons rien en elles, à ne considérer que leur essence, qui pose nécessairement leur existence ou qui nécessairement l'exclue » (Ethique IV, Proposition 3).

¹³⁰ « Dieu est cause efficiente de toutes les choses qui peuvent tomber sous un entendement divin » (Spinoza, Ethique, I, Proposition 16, Corollaire 1). La finitude de l'esprit humain en face de cet ensemble infini mène l'Homme à être ignorant des causes profondes de ses actions et de ses affections, et c'est pour cela qu'il se croit libre : « si la pierre lancée avait conscience de son mouvement et de sa tendance à persévérer dans le mouvement, elle se croirait libre, tant qu'elle ignorerait l'impulsion qui a produit son mouvement, qui a déterminé d'une certaine manière sa faculté d'être en mouvement ou en repos » (Moreau, 1971, p. 50).

¹³¹ « Par cause de soi, j'entends ce dont l'essence enveloppe l'existence, autrement dit, ce dont la nature ne peut se concevoir que d'existante » (Spinoza, *Ethique*, Proposition 15).

sur le modèle dynamique de la causalité et non plus sur le modèle statique d'un substrat, support de ses attributs, [alors que Descartes] maintenait le fini et l'infini dans des rapports hermétiques de stricte extériorité » (de Peretti, 2022, p.19).

Le système spinoziste comprend des causalités d'essence et des causalités d'existence (Rice, 1992). La première serait de nature « émanative », cause directe de toute action qui a lieu au niveau des choses finies, et la seconde de nature « consécutive », toute action finie faisant partie d'une chaîne infinie de causes consécutives répandue dans la durée. : « L'aspect émanatif de la causalité divine est responsable pour les essences de choses finies, tandis que l'aspect consécutif produit les existences dans la durée¹³² » (Rice, 1992, p. 47). Conformément au principe immanentiste chez Spinoza, ce sont surtout les essences qui doivent suivre directement de l'essence divine. A propos des causes consécutives, comme modes finis, « les essences et l'existence des modes finis sont en effet inséparables ; mais on peut fort bien distinguer les liens de causalité selon leurs aspects existentiel et essentiel » (Rice, 1992, p. 49).

Nous considérons l'apport de Spinoza comme étape essentielle, pour la poursuite et le développement de la pensée humaine vers le rationalisme et peut-être vers certaines acceptions du positivisme¹³³ d'abord, puis vers les perspectives distribuées, incarnées et situées ensuite, qui lui seront bien ultérieures. Pour De Peretti (2022) :

Les pas franchis par Spinoza après Descartes sur la question de Dieu cause de soi semblent d'abord être des glissements progressifs qu'il fait subir au concept cartésien, mais à l'arrivée ces pas de côté se révèlent être des pas de géant. Ils ont le pouvoir de nous transporter dans un nouvel univers philosophique, celui de **la causalité immanente** et de l'ontologie de la puissance. [...] Le rationalisme de Spinoza lève les obstacles dressés par Descartes afin d'éviter que la philosophie n'interfère avec les questions de la théologie et de la foi. Certainement méritent-ils, à ce titre, celui de rationalisme intégral » (De Peretti, 2022, p.26).

Pour Spinoza, il n'y a pas de différences entre la volonté et l'entendement¹³⁴. Autrement dit, l'idée apparaît à travers les conditions déterminées de son émergence. L'idée est un « mode »

¹³² La durée, pour Spinoza, provient de l'effort ou *conatus* par lequel chaque être fini prolonge son existence dans le champ physique (Rice, 1977).

¹³³ Le positivisme est une philosophie et une approche épistémologique qui se fonde sur l'observation empirique, la science et la méthode scientifique comme moyens principaux de compréhension du monde. Cette approche a émergé au 19^{ème} siècle sous l'influence du philosophe Auguste Comte. Son positivisme scientifique s'en tient aux relations entre les phénomènes et ne cherche pas à connaître leur nature intrinsèque : il met l'accent sur les lois scientifiques et refuse la recherche des causes premières. D'après Pickering (2011), « depuis le XIII^e siècle, « positif » signifie ce qui est « établi » [puis] au XVI^e siècle, le terme en vient à désigner une connaissance fondée sur des faits et donc caractérisée par sa certitude » (p. 49).

¹³⁴ Notre entendement, qui est fini (qui peut apercevoir la pensée et la matière, l'abstrait et le concret, le tangible et l'intangible), ne saurait apercevoir tous les attributs de la substance (autres que l'Esprit et l'Étendue), qui est infinie. Platon reléguait l'idée en un lieu séparé du monde concret, alors que chez Hegel, l'Idée se manifeste dans le monde : « elle est l'absolu qui se particularise et se développe dans la religion, l'art ou la science.

de la pensée (donc les idées, étant des modes, ne sont pas infinies, contrairement à la pensée, qui est infinie, en tant qu'attribut de la substance, au même titre que l'étendue, ou la matière¹³⁵) : « l'idée manifeste sa présence dynamique [pourrait-on dire incarnée] dans la totalité de l'expérience » (Russ, 1980, p.20). Ainsi, point de dualisme : plutôt que de faire cohabiter pensée et étendue, nous avançons à la suite de Spinoza que la pensée *est* étendue (cf. la notion de cognition étendue).

7.2. Le *conatus* spinoziste comme extériorité de l'intériorité

L'environnement, au sens très large, est intégré dans le système spinoziste en tant que monde dans lequel se réalisent les *conatus*, des puissances d'agir, comme mode d'attribut de la substance : littéralement, cette notion de *conatus* désigne ce par quoi « chaque chose, selon sa puissance d'être, s'efforce de persévérer dans son être » (Spinoza, *Ethique*, III, proposition 6). Ce mode ne peut se réaliser indépendamment des conditions matérielles de l'actualisation de sa puissance : il « se trouve d'emblée inscrit dans le relationnel » et « par l'équivalence de l'être et de l'action, la puissance d'être dont participe le mode fini n'est rien d'autre qu'une puissance d'agir, donc puissance de s'extérioriser en tant que cause » (Lærke, 2009, p. 187). Il est donc de l'essence de ce mode de s'extérioriser, autrement dit, il est de l'essence du *conatus*, de se mettre en rapport avec les autres *conatus*, « d'affecter ou d'être affecté par eux » (Lærke, 2009, p. 187). Pour Lærke : « le spinozisme opère une véritable "extase" ontologique, dans le sens originel de ce terme (*ekstasis* : être hors de soi, s'extérioriser) » (2009, p. 190). L'essence du *conatus* est donc de se projeter dans le monde, et de n'exister qu'en tant qu'elle se projette dans le monde : un couplage structurel entre l'être et son environnement, elle est donc avant tout relationnelle.

Le *conatus* chez Spinoza est la tendance innée de chaque chose à persévérer dans son être et à maintenir son intégrité en agissant pour satisfaire ses besoins et poursuivre ses fins. Le *conatus* est une sorte de force vitale qui pousse chaque chose à agir pour maintenir et renforcer son existence. Spinoza considère que le *conatus* est une propriété essentielle de toutes les choses, y compris les êtres vivants, les corps inanimés, et Dieu, puisqu'il est la Nature. Selon lui, toutes les choses agissent pour satisfaire leur *conatus* et maintenir leur intégrité, mais le degré de

¹³⁵ « L'attribut, étant en conçu par soi, et lui aussi infini : les corps se déterminent dans l'étendue, ont des limites dans l'étendue ; mais l'étendue elle-même ne saurait avoir de limites ; on en dirait autant de la pensée. L'étendue, la pensée sont donc infinies chacune en son genre ; mais elles ne sont pas absolument infinies ; l'étendue n'est pas la pensée, la pensée n'est pas l'étendue ; en dehors de chacune d'elles, il y a autre chose qu'elle ; aucune d'elles n'est donc infinie absolument, n'équivaut à la substance » (Moreau, 1971, p. 33).

succès dans cet objectif dépend de leur degré de connaissance et de puissance. Il s'agit d'un moment fondamental dans la compréhension de la pensée spinoziste, dans la compréhension de l'articulation entre le déterminisme absolu et la liberté de l'Homme. Cet absolu, nous n'en n'avons que notre propre expérience¹³⁶.

La puissance (*potentia*) d'agir est de même « une conséquence immédiate de la Nature entière ainsi que de ses lois » (Legeay, 2020, p. 37). Ce diptyque, constitué de ma volonté d'agir sur le monde que ma puissance d'agir actualise, et du niveau d'effort que je vais investir, constitue le *distinguo* entre la *potentia* et le *conatus*. Cette dialectique entre la volonté et l'action, représente pour nous la liberté humaine à l'intérieur d'un déterminisme et d'une causation plus grandes, absolues. Si nous ne sommes pas « un empire dans un empire » mais partie intégrante de la Nature, notre *conatus*, ou effort, le moteur de notre existence (Lenoir, 2017), nous appartient intimement : « cet effort, quand il se rapporte à l'Esprit seul, s'appelle la volonté » (*Ethique*, III, 9, scolie, p. 422). Dans le système spinoziste, certes « Dieu seul est cause libre » (*Ethique*, I, 17, corollaire et scolie), mais il affirme que « l'être humain est d'autant plus libre qu'il agit selon sa propre nature, selon son essence singulière, et non pas seulement sous l'influence des causes qui lui sont extérieures » (Lenoir, 2017, p.187). C'est une liberté immanente et nécessaire, cause d'elle-même.

Pour Spinoza, la raison rend libre, mais « il n'en demeure pas moins que notre conduite ne sera pas due au hasard, mais à la détermination de notre propre nature. Autrement dit, être libre, c'est être pleinement soi-même ; mais être soi-même, c'est répondre aux déterminations de sa nature » (Lenoir, 2017, p. 189), qui est d'être libre. Cette liberté – éthique – est ainsi inscrite paradoxalement dans une double détermination : celle de l'essence du *conatus*, qui doit persévérer dans son être, et celle des limites de la puissance d'agir, comme limites de notre agentivité. Ces deux déterminations procédant de la réalisation de soi de tout être, Spinoza combine ainsi son système déterministe avec une vision qui se veut humaniste. La liberté est ici consubstantiellement liée aux comportements adéquats déployés en vue d'augmenter de

¹³⁶ Chez Spinoza : « L'éternité n'est que l'expérience de l'éternité, car l'éternité ne s'explique pas par la durée, même si cette expérience est susceptible de prendre plusieurs degrés intensifs au cours de ma vie. [...] L'éternité, c'est maintenant. [...] Pour comprendre ce caractère instantané de l'éternité, il faut revenir sur la différence entre puissance d'agir et *conatus*. L'effort, mon essence, n'est pas ma puissance d'agir : l'essence est éternelle, la puissance d'agir variable. Ma puissance d'agir, c'est ma capacité à soumettre des parties extensives aux rapports qui me caractérisent. Cette capacité peut varier selon les circonstances intérieures ou extérieures. [...] Ma puissance d'agir, c'est l'ensemble des effets que peut produire mon effort essentiel au cours du temps selon les circonstances, étant donné que tout ce qu'il peut produire, il le produira nécessairement. C'est en quelque sorte le taux de réussite de mon effort. [...] L'effort se tient donc tout entier présent dans l'instant, alors que les effets de ma puissance d'agir se font sentir peu à peu dans la durée » (Pinchard, 2022, pp. 37-38).

manière éthique notre puissance d'agir, puisqu'il y a persévérance dans l'être. Cette vision opère ainsi une distinction entre des effets ontogénétiques et phylogénétiques sur les organismes vivants.

7.3. Le *conatus* comme *drive* primaire

D'après Hull (1943), le *drive* est un concept théorique qui fait référence aux aspects énergétiques du comportement indépendamment des tendances directionnelles. Pour Taylor (1956), « la force totale du *drive*, dans le système de Hull, est déterminée par la sommation de tous les états de besoin existants, primaires et secondaires, indépendamment de leur source et de leur pertinence par rapport au type de renforcement utilisé » (p. 304). Le *drive* posséderait ainsi non seulement une dimension située, mais aussi absolue chez les individus.

Leibniz (1684/2012), en pensant s'opposer à Spinoza sur la détermination rationnelle de l'être humain, conforte ce dernier puisque les deux penseurs inscrivent la liberté dans l'activité rationnelle, le tout inscrit dans une causalité divine, qui est le déterminisme absolu. Pour Moreau (1971), Leibniz semble en fait résumer la quatrième partie de l'*Ethique*, dans laquelle Spinoza explore la question de la nature des affects humains, de leur origine et de leur influence sur notre liberté et notre capacité à agir rationnellement. Pour Spinoza, nous sommes libres **parce que** nous agissons par raison, en accord avec notre essence.

Cet effort de persévérance dans l'être est une loi universelle de la vie, ce que montrera la biologie moderne (Lenoir, 2017). Pour le neurologue Antonio Damasio (2003), « l'organisme vivant est construit de telle sorte qu'il préserve la cohérence de ses structures et de ses fonctions contre les nombreux aléas menaçants de la vie » (p. 40). Le *conatus* nous pousserait à augmenter notre puissance d'agir. Pour Lordon (2011), cet élan envers un surcroît de puissance amène vers « une anthropologie de l'existence comme activité » (p. 60). Il s'agit d'une activité axiologiquement neutre, autrement dit d'une « parfaite positivité », qui renvoie à une « nécessité de Nature » (*Ethique*, III, 6, démonstration). Nous apercevons ainsi le lien heuristique entre le *conatus* et le *self*, qui en est le corollaire, selon une approche psychosociale de cet élan vital.

7.4. Proposition de jonction éactive entre l'autopoïèse et le *conatus*

De son côté, l'énaclivisme affirme que la cognition doit être comprise en termes d'interaction dynamique et réciproque entre un organisme et son environnement, interaction influençant la façon dont les individus perçoivent et comprennent le monde qui les entoure (par exemple,

Varela, Thompson et Rosch, 2017 ; Thompson, 2007 ; Stewart et al., 2010 ; Di Paolo et al., 2017). Lorsqu'ils interagissent avec leur environnement, les êtres vivants donnent du sens à leur environnement en identifiant la valence (positive ou négative) des rencontres environnementales, qui sont donc significatives pour leur préservation, d'où l'idée de *sense-making* chez Varela, en faisant prédominer l'action sur la représentation. Les sujets ne sont plus considérés comme des observateurs passifs des choses qui se passent autour d'eux, mais plutôt comme des acteurs actifs qui construisent leur propre réalité en fonction de leur expérience. En d'autres termes, l'énaction suggère que la perception et la cognition ne sont pas des processus purement mentaux qui se déroulent à l'intérieur de notre environnement phénoménal, mais plutôt des interactions dynamiques entre notre cerveau, notre corps et notre environnement. Cela signifierait que notre façon de percevoir et de comprendre le monde dépend de notre capacité à agir et à interagir avec notre environnement, et non pas seulement de nos sens. Cette théorie a été développée par le neuroscientifique Francisco Varela et ses collègues dans les années 1990, et s'inspire notamment de la philosophie de l'environnement de Martin Heidegger. Elle se poursuit avec une approche incarnée de la cognition, comprise dans l'acceptation énaïve du corps dans un environnement. Nous retrouvons chez Spinoza ces forces ascendantes du corps (et des conditions sensori-motrices de son ancrage au monde) vers l'esprit : « nos idées sur la réalité [...] rendent compte de l'état de notre corps : "(...) les idées que nous avons des corps extérieurs indiquent plutôt la constitution de notre corps que la nature des corps extérieurs (...)» (Spinoza, *Ethique*, Théorème XVI, corollaire II, cité par Apostol, 2021, p. 19).

Le paradigme énaïviste est sous-tendu par la prise en compte des capacités d'auto-organisation des organismes en interaction avec leur environnement, sans intervention extérieure (Versace, Brouillet et Valet, 2018). Ce phénomène renvoie à l'autopoïèse (du grec *autopoïesis*, qui signifie auto-production), qui est, pour Varela et collègues, une organisation du système biologique. Un système autopoïétique est « une unité par un réseau de productions de composants qui (i) participent récursivement au même réseau de productions de composants qui a produit ces composants, et (ii) réalisent le réseau de productions comme une unité dans l'espace dans lequel les composants existent » (Varela, Maturana et Uribe, 1991, p. 560). Ainsi, la réalisation de l'organisation autopoïétique est le produit de son fonctionnement, via la production de ses propres composants, de sorte que ces composants sont continuellement régénérés et que le système peut maintenir le processus même du réseau qui les produit.

Tout phénomène cognitif, du point de vue de Varela et ses collègues, se comprend *a minima* (Luisi, 2003), dans le sens où la structure interne de l'organisme vivant *reconnaît* et utilise

l'environnement, impliquant un couplage structurel : « l'établissement d'une complémentarité spécifique entre l'organisme et son environnement – une sorte de reconnaissance¹³⁷ [*recognition*] spécifique, d'où dérive l'usage du terme de cognition » (p. 54). Ce principe de couplage structurel renvoie au « processus d'interactions continues entre un système qui va chercher à conserver sa propre identité tout en acceptant un certain nombre de perturbations » (Astier et al., 2003, p. 120). Ainsi, tout rapport à l'environnement permet l'actualisation du vivant, qui, à travers sa structure interne, capte les éléments de l'environnement externe qui non seulement définiront le propre monde de cette structure vivante interne mais lui permettront de se préserver dans ce qu'elle est.

Par sa dimension auto-préservatrice, le *conatus* comprend une dimension autopoïétique. L'autopoïèse renverrait ainsi à un *conatus* immanent et cause de lui-même, qui serait auto-référencé, c'est-à-dire qui tire de son ontologie la puissance vers la persévérance et la réalisation de l'être. Seulement, il est aussi possible de considérer, à la suite de Spinoza, que les affects (ou les émotions) accompagnent l'action et, par conséquent, constituent une des conditions d'émergence de la cognition, si l'humain est capable de porter un jugement sur son action et ses conséquences potentielles, via des inférences actives. C'est en cela que le *conatus* est fondamentalement éthique, et ne constitue pas une mécanique autopoïétique « froide ». Le *conatus*, à l'inverse de l'autopoïèse, ne suppose de clôture opérationnelle, dans le couplage structurel avec l'environnement, mais au contraire se projette dans le monde : le *conatus* est la préservation de l'être dans un processus relationnel avec les autres *conatus*, avec le monde.

Si le *conatus* est défini comme la tendance des corps¹³⁸ à se déplacer lorsqu'ils entrent en collision, une réinterprétation de cette vision a été proposée en termes de systèmes autopoïétiques (Thornhill, 2022). La relation entre l'autopoïèse et la fabrication de sens (*sense-making*) dépend d'où l'accent est mis, le *conatus* appartenant au concept général (Di Paolo,

¹³⁷ Nous retrouvons ici l'idée de reconnaissance mutuelle comme pensée de l'agir (Ricœur, 2005).

¹³⁸ « Spinoza comprend les corps comme des processus capables de s'affirmer contre un environnement changeant ; de tels corps n'entrent pas seulement en relations antagonistes, mais aussi en relations de coopération, constituant ainsi un système de niveau supérieur, dans lequel les individus composés sont des sous-systèmes, des sous-processus » (Bula, 2018, pp. 110-124). Si l'on comprend le corps comme un processus, il n'y a aucune nécessité de penser qu'il se termine à l'épiderme ; au contraire, il est possible de considérer le corps-processus comme étendu et couplé à de nombreux autres processus. Cela a permis aux penseurs du XXème et du XXIème siècle préoccupés par les questions environnementales d'articuler une éthique de la sollicitude envers les autres et envers le monde naturel, basée sur une notion spinoziste du soi (*self*) étendu : je prends soin des autres et du monde avec la même spontanéité que je prends soin de moi-même, car je comprends que les autres et le monde font partie de moi, ou nous faisons partie du même système plus vaste dont dépend notre bien-être (Bula, 2007). Une fois de plus, cette approche holistique contraste nettement avec l'approche cartésienne de la connaissance, qui repose sur l'analyse, comprise comme la décomposition de problèmes complexes en leurs parties les plus simples possibles (Bula, 2011).

2005). En fondant la vertu sur le *conatus*¹³⁹, et en même temps dans l'établissement de rapports positifs – malgré la difficulté due aux passions négatives – avec les autres humains, Spinoza décrit une éthique qui envisage ainsi des processus autopoïétiques concrets (Bula, 2018). Chaque chose étant cause d'elle-même (sans avoir besoin de causalité transitive, donc extérieure à elle), la *causa sui*, « prise dans le sens d'une véritable autoproduction » (Lærke, 2009, p. 174), s'applique naturellement à la propriété de l'autopoïèse, étant l'effet d'elle-même, et qui se retrouve donc être le *conatus* le plus élémentaire.

Pour Damasio (2003), « Spinoza décrit une éthique qui envisage des organismes autopoïétiques concrets, en quête de joie, plutôt que des agents moraux désincarnés » (p. 170). L'autopoïèse serait alors une spécificité des processus conatifs généraux, en tant qu'elle est « concaténée » avec tous les autres *conatus*. Varela (1989) précise en effet que « l'autopoïèse n'est ni un paradigme ni une recette universelle mais plutôt un mode particulier d'organisation autonome » (p. 2). L'autonomie ici fait référence à un type de système qui produit et maintient en permanence les conditions de son existence continue, tandis que deux systèmes sont couplés lorsque l'état de l'un forme un paramètre de l'autre, et vice versa (Thompson, 2007), comme un système cognitif comprenant des sous-systèmes cognitifs.

7.5. Une dimension temporelle dans le principe éactif

Nous retrouvons chez Spinoza un principe éactif dans son énoncé de l'attribut de la substance unique : il n'y a d'*ens in se*, ou d'être en soi, que l'être *par soi* (*ens a se*), autrement dit, le concept d'être, de substance ou de totalité n'a pas besoin du concept d'une autre chose, à partir duquel il doit être formé. L'interaction avec l'environnement est comprise en termes de structure interne du vivant : le couplage sensori-moteur avec l'environnement est ainsi structurel. Par conséquent, cette structure interne provoque un processus de discrimination et de sélection (la cognition provient de fait du *sense-making*, la « création » de l'environnement) des éléments de l'environnement, ce dernier ainsi choisi provoque à son tour « la venue à l'être de l'organisme vivant » (Luisi, 2003, p. 58). Cette sélection sémiotique produit le cadre qui va faire sens pour l'organisme. Cette co-émergence mutuelle de l'environnement et de la structure vivante (*enacting*, ou co-émergence) donne lieu à la vie, et, simultanément, au processus de la cognition (Luisi, 2003). Pour les éactivistes, un système autonome est un système constitué

¹³⁹ Pour Bove (2005), « c'est cette positivité intrinsèque de l'être, dans sa nécessité causale propre, qui est de conservation, que Spinoza, dans le *Traité politique*, appelle sa « liberté » ou sa « prudence », c'est-à-dire une « vertu » ou une « perfection » (II, 7) » (p. 131).

par un réseau de processus qui dépendent récursivement les uns des autres pour produire les processus eux-mêmes et, ce faisant, réalisent le système en tant qu'individu unifié (Thompson, 2007, cité par Lee, 2023). Cette dynamique d'auto-référencement revient de fait à un phénomène (mais nous pourrions dire cognition rudimentaire en tant que *sense-making*) situé dans une clôture opérationnelle : « ce qui fait que des organismes vivants sont des êtres cognitifs, c'est qu'ils incarnent ou réalisent une certaine forme d'autonomie – ils s'auto-construisent intérieurement de manière à réguler activement leurs interactions avec leur environnement » (Thompson et Stapleton, 2009, p. 24). L'approche énative entend alors concevoir « les agents comme des entités précaires et auto-constituées en développement historique continu, capables d'incorporer différentes sources de normativité tout au long de leur développement, un processus impliquant le monde qui est co-défini avec leur environnement à travers de multiples échelles spatio-temporelles et en collaboration avec d'autres agents » (Di Paolo, Thompson et Beer, 2022, p. 3). Elle se situe en prise, ou à l'intersection tendue, entre d'une part, un système d'autopréservation et d'autoréférencement ; et, d'autre part, une extension des échanges avec l'environnement pouvant aller jusqu'à une échelle se situant au-delà de l'ici et maintenant (*hic et nunc*), comme des effets projetés de cet espace-temps non-local.

7.6. L'approche moniste spinoziste et les recherches contemporaines : entre déterminisme et contingence

Nous considérons, à la suite de Damasio (2003) et de Bula (2019), que la philosophie de Spinoza peut être utile aux chercheurs dans le domaine des sciences de l'éducation et de la formation car son ontologie fournit une heuristique pour interpréter les processus mentaux et corporels envisagés les uns par rapport aux autres. Spinoza (*Ethique*, III, proposition 7) affirme que tout « mode » (chose finie) est essentiellement caractérisé par un effort (*conatus*) pour affirmer sa propre existence. S'il rejette la téléologie aristotélicienne traditionnelle, le principe de *conatus* permet une téléologie immanente : les objets peuvent constituer des finalités pour un être non pas en termes d'ordre cosmique absolu selon une logique transcendantale, mais plutôt en termes de processus d'affirmation de soi de l'être (Bula, 2008) dans une logique immanente.

Le monisme spinoziste s'exprime dans les formes d'un vocabulaire mathématique (propositions, démonstrations, scolies), et pave la voie à un situationnisme méthodologique, présent d'une certaine manière dans l'œuvre du philosophe. L'idée de la substance unique

déboucherait sur « **un monisme méthodologique** » : « puisque la pensée et l'étendue sont des attributs qui expriment pleinement (mais selon des aspects différents) le développement de la substance, les chaînes causales d'événements possèdent des explications indépendantes sous l'un ou l'autre attribut » (Bula, 2008, explicitant Spinoza, *Ethique*, 2, partie 7). La proposition du philosophe hollandais peut donc être interprétée comme un paradigme spécifique pour étudier les comportements et les affects humains sous l'aune d'une cognition étendue, afin d'envisager des liens de nature interactionniste entre les sujets et leur environnement.

Nous considérons que l'étude du sujet couplé à son environnement est l'étude d'une unité d'analyse qui conçoit toutefois, à la suite de Spinoza, qu'il n'y a guère, d'un côté un libre arbitre, et de l'autre, le monde dans lequel ce libre arbitre se développe (« l'homme n'est pas un empire dans un empire »). Au contraire, chaque *conatus* particulier est couplé structurellement avec l'environnement, il s'agit alors de concevoir un immanentisme exerçant une contrainte sur le sujet, qui provient de lui-même (ontogénétique) et de son environnement (phylogénétique).

Le propre d'une philosophie immanentiste et non transcendantale est bien de considérer qu'il n'existe que l'être et son essence, qui est sa tendance à s'affirmer. Une interprétation leibnizienne puis hégélienne de la philosophie de Spinoza voudrait enfermer le principe d'immanence « comme une philosophie de l'intériorité : rien n'existe qui ne soit pas *dans* la substance unique, de la même façon que quelque chose de contenu est dans un contenant » (Lærke, 2009, p. 170). Au contraire, nous partageons avec Lærke (2009) que « la substance unique de Spinoza n'a rien d'une intériorité absolue ; que la notion d'inhérence s'accorde mal à la conception spinozienne de l'immanence ; et que, au contraire, le système spinozien s'inscrit dans une sorte d'extériorité absolue » (p. 171). En effet, pour Ramond (2001), le « geste spinozien consiste justement à extérioriser l'intériorité » (pp. 207-228), dans une immanence dont l'ontologie est la projection relationnelle.

7.7. Les causalités immanentes et les causalités consécutives

Gilead (1990) propose une exégèse du système spinoziste afin de tenter une explicitation de la dialectique entre un monde conçu à partir de la nécessité inhérente à toute chose (Dieu, en tant que *causa sui* unique, est la cause de toutes les choses particulières) et un monde contenant des choses singulières « qui existent à un endroit, durent ou changent dans le temps et sont générées et disparaissent accidentellement » (Gilead, 1990, p. 454). Il propose de démontrer que ces deux visions du monde sont conçues par Spinoza comme deux chaînes causales : la chaîne immanente et la chaîne transitoire. Pour Gilead (1990), puis pour Rice (1992), le système

spinoziste comprend des causalités d'essence et des causalités d'existence. La première serait de nature « émanative », cause directe de toute action qui a lieu au niveau des choses finies, et la seconde de nature « consécutive », ou transitoire, toute action finie faisant partie d'une chaîne infinie de causes consécutives répandue dans la durée¹⁴⁰. Conformément au principe immanentiste chez Spinoza, ce sont surtout les essences qui doivent suivre directement de l'essence divine. A propos des causes consécutives, c'est l'essence de l'homme que d'être libre, et la dynamique conative individuelle renvoie au fait d'agir conformément à cette nature libre comprise dans un époque et situation spécifiques (Gilead, 1990).

La chaîne des causes transitoires, pour Gilead (1990), est abstraite, divisée et mesurée. Elle se compose d'une multitude de choses singulières qui sont séparables et dont les interconnexions sont contingentes. La dialectique est là : l'homme exerce sa liberté non pas dans cette réalité contingente, mais dans la causalité immanente renvoyant à sa propre nature, elle-même inscrite dans la substance divine¹⁴¹. Les causes transitoires constituent le mode temporel, cette « chaîne » « composée de connexions qui sont incidentes, "circonstanciennes", pour nous ; et s'il existe des connexions causales réelles en elle, elles sont cachées à nos observations et raisonnements, et leur ordre nous est obscur. Nous les appelons donc contingentes » (Gilead, 1990, p. 457). Contrairement à la chaîne des causes immanentes (la réalité en tant que Système divin *qua in se est*, système en soi cause de lui-même), la chaîne des causes transitoires serait perçue de manière distordue, dans les limites de notre entendement et de nos capacités sensorielles : c'est le monde vécu qui s'offre à nous de manière phénoménale. Notre cognition étant limitée, elle partage cette contingence dans la mesure où nous ne pouvons pas déduire l'existence nécessaire ou la non-existence d'une chose à partir de la connaissance de son essence seule (*Ethique*, 4, définition 3)¹⁴² (cela réfère chez Spinoza à la connaissance inadéquate).

7.8. Disposition et *conatus* : vers une cognition incarnée, étendue et distribuée

Revenons sur l'extériorité comme principe fondamental dans le système spinoziste. Pour Lærke (2009), « le système spinozien s'inscrit dans une sorte d'extériorité absolue » (p. 171),

¹⁴⁰ La durée, pour Spinoza, provient de l'effort ou *conatus* par lequel chaque être fini prolonge son existence dans le champ physique (Rice, 1977).

¹⁴¹ Ce qui fait d'ailleurs dire à Spinoza, en contradiction avec Hobbes, que l'homme n'est point un loup pour l'homme, mais un dieu pour l'homme.

¹⁴² Ici, Spinoza affirme que l'existence de choses singulières changeantes n'a aucune connexion nécessaire avec leurs essences. L'essence d'une chose particulière est son facteur d'individuation et la source de son unicité ou de sa particularisation.

autrement dit, « l'ontologie de Spinoza est une ontologie de l'extériorité absolue, parce que c'est une ontologie résolument relationnelle : en fin de compte, elle ne contient que des relations » (pp. 172-173). Le rapport à l'environnement peut donc être perçu comme consubstantiel d'une vision immanentiste de la substance.

L'effort (conatif) du corps est incarné dans son environnement. D'après Bove (2005), le *conatus* est l'effort du corps. Celui-ci « s'identifie à une disposition, et celle-ci à une dynamique de la mémoire confrontée au présent des rapports de force » (p. 2). Le fait que le *conatus*, ou l'effort du corps, s'identifie à une **disposition** (*dispositio seu conatus*), et celle-ci à une dynamique de la mémoire confrontée au présent des rapports de force, c'est ce que Spinoza introduit dans l'explication de la définition 32 des affects :

Quand nous nous souvenons d'une chose [...], par là même nous sommes disposés [*ipso disponimur*] à contempler cette chose avec le même affect que si elle était là présente ; mais cette disposition, autrement dit cet effort [*dispositio seu conatus*] est la plupart du temps, quand nous sommes à l'état de veille, inhibé par les images de choses qui excluent l'existence de celle dont nous nous souvenons (Spinoza, *Éthique*, III).

Cette dualité fondamentale entre corps et connaissance considère que :

le corps a la même dignité que l'esprit. Il est essentiel à la croissance de l'esprit, comme l'esprit est essentiel à la préservation et à la croissance du corps. On ne peut ni les opposer ni les séparer, ils fonctionnent ensemble, puisqu'ils sont les deux faces d'une seule et même réalité, l'esprit et l'expression intellectuelle du corps, lequel est l'expression étendue de l'esprit. L'esprit ne peut penser ou imaginer sans le corps, et le corps ne peut se mouvoir ou agir sans l'esprit. Toute connaissance de soi et de son esprit est une connaissance à travers le corps. Nous pensons à partir de notre corps. [...] La perception que nous avons du monde et les idées qui en découlent sont liées à la manière dont notre corps est constitué et affecté par le monde extérieur. [...] Par corps, Spinoza n'entend pas uniquement le corps physique, mais la corporéité dans toutes ses dimensions : physique, sensoriel, émotionnel, affective (Lenoir, 2017, pp. 143-144).

Pour Bula (2019), Spinoza comprend ainsi les corps comme « des processus capables de s'affirmer face à un environnement changeant » (p. 9). Ces corps entrent non seulement dans des relations antagonistes mais aussi dans des relations de coopération, « constituant ainsi un système d'ordre supérieur, dans lequel les individus composés sont des sous-systèmes, des sous-processus » (Bula, 2018, pp. 110-124). Si le corps est analysé comme un processus, qui trouve ses limites dans ses propres limites physiques, il est permis de considérer que ce corps est étendu et couplé à de nombreux autres processus externes à notre corps (nous avons vu que ces processus ne se limitent pas non plus à l'instantané, mais qu'il est possible de les étendre plus loin dans le temps, c'est-à-dire que la distribution est aussi temporelle). Ainsi, l'esprit humain est la conscience d'une affection extérieure au corps, par une corporéité singulière de ce corps (Misrahi, 2005). Cet esprit n'existe donc qu'en tant que conscience de soi à travers un corps et

tant qu'il forme des idées à travers des impressions corporelles (Misrahi, 2005, pp. 192). Le parallélisme esprit/corps de Spinoza implique que chaque état mental est situé et ancré.

Le *conatus* singulier cherche à se réaliser dans tout environnement. Or, comme le note Bove (2005) : « persévérer en son être est nécessairement toujours persévérer selon le capital de dispositions corporelles déjà contractées, et que ces dispositions sont, à différents degrés, plus ou moins favorables, voire contraires et nuisibles à la productivité propre d'un corps » (p. 138), ou « disconvenantes ». Spinoza intègre dans son système la puissance d'agir ayant pour but d'augmenter sa puissance, présidée par la quête d'une convenance entre le corps, l'esprit, et le corps social, comme liminaire de la distribution sociale de la cognition. Cette **distribution** porterait alors en elle le germe de ce que nous nommons une « **congruence** » entre les différents *conatus* (cf. **Partie III**, p. 131), pour établir un lien mais aussi une rupture avec Spinoza qui postule le fait que les éléments ont entre eux un caractère commun et les parties comme éléments d'un tout (Rovere, 2007), qui fait naître une « congruence d'intérêts » (Rovere, 2007, par. 20) dans le monde social.

8. Synthèse (augmentée) de la Partie II. Du monisme à la distribution cognitive, une approche incarnée et hiérarchique

Je propose une acception de l'approche spinozienne comme sous-bassement philosophique à mes propositions théoriques générales de la distribution et de l'incarnation cognitives. De prime abord, une contradiction apparente pourrait être opposée : en effet, nous pourrions supposer que le principe déterministe et causal spinozien peut venir se heurter à la contingence et la phénoménologie inhérentes aux principes de couplage structurel, mais surtout aux principes psychologiques régissant ceux de la perception directe. D'abord, concernant la contingence, j'ai tenté de montrer qu'au sein d'un déterminisme absolu, conçu par Spinoza comme le produit mathématique d'une nécessité de retour vers la substance unique, existent, au niveau local, des contingences limitées, comme des singularités locales, qui offrent à l'individu la possibilité d'agir en fonction de sa nécessité, c'est-à-dire librement. Le philosophe et psychiatre Thomas Fuchs (2021) évoque une « liberté incarnée » (*embodied freedom*). Le situationnisme méthodologique implique de considérer que les *conatus*, ainsi que les événements particuliers, ne possèdent pas en eux de finalité, d'orientation, autre que celle de leur auto-organisation et de leur auto-préservation. Cette dialectique difficile est déjà présente chez Spinoza (la nécessité absolue et l'existence de modes accidentels, qui ne sont donc ni nécessaires ni non-nécessaires) et je n'ambitionne pas de la résoudre ici, autrement que par l'acceptation d'une « connaissance

inadéquate ».

Une autre difficulté est celle de la causation, corollaire naturel de tout principe déterministe. D'abord, j'ai proposé l'approche de Gilead (1990) qui distingue entre la chaîne des causes immanentes, directement liées à la nécessité inhérente à toute chose (*causa sui*), et la chaîne des causes transitoires, liées aux accidents du monde, à ses contingences. Cette dernière serait de nature consécutive, donc temporelle (et non pas absolue comme la première qui est émanative), et donc pourrait s'inscrire dans une vision hiérarchique (d'un point de vue spatio-temporel) de la cognition et de l'agir humains, sans remettre en cause le principe moniste sous-jacent que nous mobilisons pour notre acception non-représentationnelle du couplage structurel entre l'organisme et son environnement, ou, au « niveau anthropologique », entre le sujet et la situation¹⁴³. Si les principes de la cognition incarnée, nous l'avons vu, supposent des fortes dynamiques ascendantes, elles supposent également des dynamiques descendantes externes, c'est-à-dire de l'environnement vers le sujet. Chalmers (2006) évoque ce phénomène de causation descendante (*downward causation*) comme étant « l'impact causal d'un phénomène de haut niveau sur des processus de bas niveau » (p. 249). Pour lui, la dimension contingente, ou « inattendue » des événements, renvoie à notre propre compréhension d'un système, de notre propre subjectivité : en d'autres termes, cela n'informe en rien sur un déterminisme absolu hors de notre entendement. Cela fait écho avec la proposition spinozienne concernant nos connaissances imparfaites, ou inadéquates. D'un point de vue phénoménal, nous pourrions même prendre le parti du sensible : ce qui paraît « inattendu » (nous avons fait référence supra aux singularités locales), est en réalité relatif à notre propre compréhension d'un système, c'est-à-dire que l'« inattendu » serait ontologiquement subjectif (Chalmers, 2006)¹⁴⁴.

L'environnement étant constitué d'éléments et d'événements plus ou plus distaux par rapport au sujet (la situation dans son immédiateté, jusqu'au contexte socioculturel et politique plus large) (Bronfenbrenner, 1979) ou ses référentiels, ces causations descendantes externes pourraient donc provenir de différentes échelles : du niveau méso (la situation ou particularité locale, en tant que le sujet est structurellement couplé avec elle), jusqu'au niveau macro (le contexte général qui exerce des effets à distance de temps et de lieu par le biais de phénomènes

¹⁴³ Voir Kirchoff et Kiverstein (2019) et Veissière et al. (2020) pour un compte rendu de la manière dont les pratiques culturelles intervenant dans l'organisation des échanges avec l'environnement sont structurées, et aboutissent par conséquent à une action incarnée, y compris des expériences perceptuelles.

¹⁴⁴ Nous pourrions également faire le lien ici avec le livre de Taleb *Fooled by randomness : The Hidden Role of Chance in Life and in the Markets* (2005) : le rôle caché du hasard proviendrait en fait de nos biais cognitifs et perceptuels constitués à partir de nos expériences et donc de nos modèles préexistants.

prescriptifs et normatifs par exemple, et ce autant sur le sujet que sur la situation, mais nous pourrions simplement dire sur le couplage sujet-situation, qui actualise ces normes, et qui va ensuite participer à constituer un contexte futur). Dans cette perspective, pour reprendre la notion de **moment socioculturel**, ou de moment d'activité humaine distribuée dans le temps (Hutchins, 1995), il s'agit d'« un *moment* [qui] possède une structure : il n'est pas juste ce qui se passe ici et maintenant, il dépend de la séquence d'évènements qui ont précédé, il s'inscrit dans un flux de situations » (Stark, 2021, p. 179)¹⁴⁵.

Le cadre théorique de la cognition distribuée, tel qu'introduit par Hutchins (1980, 1995), intègre des contraintes inhérentes aux systèmes distribués. Si la distribution est effective, elle se fait sur des éléments fonctionnels composés d'esprits individuels organisés socialement (donc sous-structure anthropologique possédant ses propres contraintes de nature sociale), mais aussi composés d'outils « véhiculant des "états représentationnels", livrant des informations et imposant des contraintes à l'organisation des activités » (Quéré, 1997, p. 168). Ce système fonctionnel distribué conduit à une économie cognitive pour l'ensemble des membres du système, par la structuration et la stabilisation de l'environnement (Hutchins, 1995 ; Quéré, 1997).

Chaque élément du système étant modifié par sa relation avec les autres éléments du système, et une partie des activités de ces éléments se chevauchant afin d'assurer la robustesse et l'efficacité du système, l'activité cognitive dans son ensemble ne peut se réduire à la somme des activités cognitives individuelles. Ce *delta* provient du travail cognitif supplémentaire produit individuellement par chaque membre du système, permis par leur couplage avec un environnement « affordant ». Si le processus cognitif, une fois distribué, n'est pas augmenté *en lui-même*, il est modifié de sorte que l'ensemble du système cognitif puisse générer un « produit » cognitif différent, impossible à générer autrement dans une configuration empêchant la distribution fonctionnelle des processus cognitifs à l'intérieur de ce système. En effet, les artefacts cognitifs (Norman, 1988) n'amplifient pas, pour Hutchins (1995), les capacités cognitives des individus, mais jouent un rôle (en tant que contrainte fonctionnelle), dans la composition et la structuration d'un système fonctionnel, en sélectionnant les processus cognitifs à mettre en œuvre. Toutefois, nous avons évoqué la piste d'une « sur-distribution

¹⁴⁵ Pour Bronfenbrenner (1994), le temps est une propriété de l'environnement non seulement à mesure du cours de vie, mais aussi à travers une séquence historique : il s'agit de prendre en compte autant les événements individuels (passage d'un milieu culturel à l'autre, du lycée à l'université, maladie, etc.) que les contingences contextuelles plus larges, comme la survenue d'évènements particuliers (une crise économique, une pandémie, etc.).

cognitive » : lorsque la structure sociomatérielle du système humains-artefacts empêche la charge cognitive pertinente d'opérer, par le biais d'une décharge cognitive trop importante dans l'environnement, par exemple en raison d'un environnement technique, numérique, mal structuré ou rendant les solutions aux problèmes trop apparentes, empêchant alors de la part du sujet un engagement cognitif pertinent.

La situation, telle que perçue par le sujet, actualise « une gamme limitée d'actions appropriées et indique lesquelles sont accessibles ou faisables dans l'immédiat. [Ces] affordances [...] reposent sur un savoir-faire, ainsi que sur des capacités et des habitudes d'action » (Quéré, 1997, pp. 173-174). Cette approche, davantage centrée sur la spécificité des individus que sur le couplage sujet-environnement de l'approche gibsonienne, fait partie des différentes critiques aux limites de cette dernière, en tant qu'elle peine à résoudre ce que Sherrock et Coulter (1998) nomment : le problème de « comment nous pouvons comprendre (ou appréhender) le monde à partir de la perception » ([...] *how we are able to "get the world" out of perception ?*) (p. 148). Cela impose par exemple de prendre en compte le niveau d'expertise (donc de familiarité culturelle, Hutchins, 1995 ; Lave et Wenger, 1991) des sujets dans leur couplage avec la situation, mais aussi leurs habitudes et leur culture (Norman, 1988).

Si la situation conduit les sujets à inférer activement plutôt que de percevoir directement les stimuli et flux d'informations de l'environnement, alors nous pouvons supposer qu'ils vont engendrer, avec ce traitement « plus lourd » de l'information, des processus mentaux qui vont mobiliser des construits internes, autrement dit liés à des habitudes, schèmes, savoir-faire, *policies*, routines (Lave, 1993), connaissances, plans (Suchman, 1989), schémas (Lakoff et Johnson, 1999), préparation à la perception (Bruner, 1957), modèles du monde (Friston, 2013) incorporés et incarnés (Wilson, 2002), autrement dit un ensemble de dispositions à agir, lesquelles dispositions seront actualisées en situation, en fonction du cadre (Goffman, 1971) et des exigences de la tâche (Musial, Pradère et Tricot, 2023).

Enfin, le triptyque dialectique articulant *conatus*, autopoïèse et énonctivisme, supposerait un système ouvert comprenant des sous-systèmes cognitifs, des « sous-couplages structurels », certains se chevauchant pour constituer un système cognitif plus large, et soumis aux contingences du monde. McGann et De Jaegher (2009) analysent cette observation en intégrant dans leur explication les échanges énergétiques entre le « dedans » et le « dehors » : « le fait que le système soit ouvert sur le monde à la fois en termes de digestion de l'énergie et des matériaux utilisés pour son auto-entretien continu et aussi en termes de soumission à des impacts et perturbations extérieurs à lui-même signifie qu'il est sensible à son environnement »

(p. 422). Mais c'est à chaque système, selon ses spécificités, de sélectionner les stimuli de l'environnement qui font sens pour lui. Ces contingences situées et locales renferment alors un principe de déterminisme réciproque, ou causalité réciproque, « souvent cité dans la littérature énaïve, la base de ce que Varela et al. (1991) nomment la "circularité fondamentale" » (cités par McGann et De Jaegher, 2009, p. 422) : c'est que nous allons nommer la « congruence » (cf. **Partie III**, p. 133). La congruence est un concept qui fait écho à la dialectique entre le déterminisme spinoziste, règle fondamentale qui conditionne toute énergie conative, et les contingences consubstantielles d'une approche située (*situative approach*) de la cognition et de l'action humaines.

PARTIE III. Proposition théorique : la congruence dans la cognition distribuée

[...]
Le Poète est semblable au prince des nuées
Qui hante la tempête et se rit de l'archer ;
Exilé sur le sol au milieu des huées,
Ses ailes de géant l'empêchent de marcher.

Charles Baudelaire (1841). *L'Albatros*

Le positionnement théorique susmentionné permet de poser l'hypothèse d'une raison située (McCarthy, 1991) : toute expérience individuelle ne peut être hors-sol, puisqu'elle intègre systématiquement une dimension culturelle/cognitive, les deux dimensions ne pouvant se considérer de manière indépendante. Mais jusqu'où étendre « la situativité », l'unité d'analyse, pour l'observateur des phénomènes éducatifs ?

Notre état des lieux théorique a porté essentiellement jusqu'à présent sur deux aspects, que nous avons ensuite tenté d'unifier à l'aune d'un même paradigme scientifique dans la perspective d'analyser le couplage sujet-artefact dans un contexte d'apprentissage. Le premier aspect porte sur le vécu, l'expérience, l'évolution et la trajectoire individuelles, dynamique autant dans sa dimension socioculturelle par le biais de l'approche dispositionnaliste (Lahire, 2001, 2011), énergétique et biologique par le biais des modèles du monde incorporés (Friston, 2013), perceptivo-cognitive par le biais de la préparation à la perception (Bruner, 1959), du point de vue de la cognition incarnée et projetée par le biais des schèmes modaux (Versace et al., 2019). Le deuxième aspect porte sur la situation comme moment vécu en direct, étudiée sous l'angle de la perception du cadre (Goffman, 1971), des affordances socioculturelles (Simonian, 2020), de la cognition ancrée (Barsalou, 2008), de l'action située (Suchman, 1989), de la théorie de l'apprentissage situé (Lave et Wenger, 1991) et de la charge cognitive (Tricot et Sweller, 2016). Conscients de la diversité de ces cadres théoriques et paradigmatiques, et dans une volonté de tenir compte de la cumulativité des productions scientifiques, nous avons tenté d'unifier ces approches, abordant respectivement des dynamiques distales (en temps et en lieu) et locales en

direct, afin de comprendre si elles pouvaient faire système (ouvert puisque non compris dans une structure close dans l'ici et le maintenant), nous permettant d'appréhender les situations d'apprentissage instrumentées. Selon Linard (2001), une telle approche intégrant le développement de schèmes sensori-moteurs et l'interactionnisme socioculturel « [permet] de prendre en compte et d'articuler les deux grandes dimensions de l'activité cognitive : la dimension biologique individuelle de genèse naturelle des processus mentaux élémentaires et la dimension socioculturelle de reprise et transformation codifiée de ces processus » (Linard, 2001, p. 5).

Le paradigme théorique de la cognition distribuée (Hutchins, 1995) semble heuristique en étendant la définition de la distribution temporelle avancée par l'anthropologue américain, comme approche dialectique entre l'intériorité et l'extériorité (Vygotsky, 1978), pouvant unifier dans une visée compréhensive des aspects distaux et des aspects locaux de l'activité humaine, prenant en compte la technologie et les groupes sociaux, d'un point de vue cognitif et culturel. La cognition se retrouverait alors distribuée dans un système social et technique, étendue (Clark et Chalmers, 1998 ; Clark, 2022) dans le temps. Dans ce système distribué temporellement, nous cherchons à comprendre la nature du « point de rencontre » entre les dynamiques non locales et les dynamiques locales, autrement dit, entre d'une part l'individu comme sujet portant en lui sa propre histoire perceptive, cognitive, sociale et culturelle ; et, d'autre part, la situation comme cadre immédiat de l'activité. Cette architecture globale (l'individu et ses dispositions, le sous-système cognitif, les artefacts, l'environnement de la tâche, l'activité cognitive des autres participants) structure l'expérience du sujet et, ainsi, produit les conditions sociotechniques et matérielles de son apprentissage. En conséquence, leur participation à la réalisation des tâches conduirait les individus à acquérir une organisation interne « qui leur permet de se coordonner avec la structure de leur environnement » (Hutchins, 1995, p. 373).

Pour ce faire, en nous inscrivant dans le paradigme général de la cognition distribuée, nous allons proposer ci-après le **phénomène de congruence** pour caractériser les processus dynamiques dans le couplage structurel entre les sujets et la situation. Le phénomène de congruence vise précisément à tenter de comprendre les processus d'équilibration sujets-situations, et ce que peut produire un déficit de congruence. Nous avons mobilisé différentes approches qui tentent d'analyser les effets d'un écart constaté entre les caractéristiques d'un sujet (d'où, comme nous le verrons, l'existence d'un **référentiel interne**) et celles d'une situation et les disponibilités locales (ou ce que nous nommes le **référentiel externe**) : les

dispositions hétérogènes au sein de situations sociales différentes (Lahire, 2014), le phénomène de dissonance cognitive (Festinger, 1959) afin de montrer qu'il existe un *drive* organismique naturel vers un retour à un état de concordance du *self*, que nous pouvons rapprocher de celui d'homéostasie, et la théorie de la zone proximale de développement de Vygotsky (1978), qui décrit la manière dont l'individu tente de combler l'écart entre l'état de ses connaissances et celles qui restent à atteindre par le biais des interactions socioculturelles entre des états internes et externes. Nous allons montrer qu'un degré de congruence – raisonnable – peut constituer pour le sujet un espace-temps favorisant son développement, puisque générateur de pratiques culturelles situées, comme résidus de solutions partielles à des problèmes rencontrés (Hutchins, 1995).

1. La congruence : la propriété de non-localité de la cognition distribuée

1.1. La congruence entre dispositions et situations

Le concept de congruence s'inscrit dans le champ des recherches en cognition sociale (Mandler, 1982) comme l'évaluation de l'adéquation entre deux entités ou plus, en mobilisant des schèmes internalisés portant sur les entités en question. Les schèmes relèvent de structures cognitives abstraites afférentes à des domaines spécifiques (des objets, des idées, des personnes, des lieux, des événements) (Taylor et Crocker, 1981 ; Fiske et Taylor, 1991 ; Mandler, 1982). Lorsqu'un individu est exposé à des informations congruentes, celles-ci sont immédiatement intégrées dans les schèmes déjà existants et ne nécessitent pas de développement outre mesure (Halkias et Kokkinaki, 2011). A l'inverse, lorsqu'un individu est exposé à des informations incongruentes, il mobilise ses schèmes existants pour traiter ce non-alignement, afin de rendre ces nouvelles informations congruentes (Mandler, 1982), et minimiser la surprise (Friston, 2012), ce processus requérant un effort cognitif supplémentaire, car entraînant des niveaux plus élevés de traitement cognitif (Mandler, 1982). Nous proposons que ce phénomène, parce qu'il induit une charge cognitive utile (*germane*), conduise à l'apprentissage.

La congruence, comme principe d'alignement entre deux entités, est notamment utilisé en

psychothérapie¹⁴⁶, en psychologie sociale¹⁴⁷ (avec des applications dans le domaine du marketing), notamment sous la forme de consistance ou dissonance cognitive¹⁴⁸, en anatomie¹⁴⁹, en phylogénie¹⁵⁰, en mathématiques, en géographie, en droit, etc.

Pour les sciences de l'éducation et de la formation, nous proposons d'étendre la définition de la congruence, non plus seulement comprise comme l'alignement entre deux états du *self*, mais entre ce qui spécifie un individu couplé structurellement avec une réalité extérieure telle qu'une situation d'apprentissage. La congruence est comprise, par nous, comme un phénomène en tant qu'événement observable, occurrence qui se produit dans la nature et en situation (*in the wild*) pouvant être étudié empiriquement.

Les schèmes de comportement, mais aussi les structures sociales qui influencent les actions individuelles et collectives des individus dans une société, sont définies en sociologie comme constituant les dispositions (Lahire 2003, 2004, cf. **Partie II.6.6**, p. 110). Elles représentent les façons dont les attitudes, les compétences et les comportements d'un individu sont exprimés dans des contextes particuliers. Les dispositions peuvent être observées à travers les actions, les choix et les interactions d'un individu dans des situations données. Les habitudes et les routines quotidiennes qui structurent les activités et les interactions sociales sont un exemple de dispositions que l'individu peut mobiliser en situation¹⁵¹. Dans cette acception, la notion de compétence, étant « un savoir-agir complexe prenant appui sur la mobilisation et la combinaison efficaces d'une variété de ressources internes et externes à l'intérieur d'une famille de situations » (Tardif, 2006), intègre ce qui peut participer à constituer les dispositions des

¹⁴⁶ Voir par exemple Rogers (2000) avec l'alignement entre le soi réel (véritable expérience de l'individu) et le soi idéal (idéalisation de soi) pour le développement personnel. Perls (1969), fondateur de la Gestalt-thérapie, a souligné l'importance de la congruence entre les pensées, les émotions et les actions d'une personne pour favoriser l'intégration et la croissance personnelle.

¹⁴⁷ Lewin (1975) a étudié la congruence entre les valeurs individuelles et les normes sociales, ainsi que son impact sur le changement de comportement et la dynamique des groupes.

¹⁴⁸ Voir les travaux de Festinger (1957) que nous présentons dans la Partie III.3.3, p. 169.

¹⁴⁹ Les sciences anatomiques évoquent la congruence notamment dans l'étude des surfaces articulaires. Par exemple, l'articulation coxo-fémorale présente une congruence parfaite, alors que celles du genou ou de la scapulo-humérale sont rendues congruentes par les ménisques et un système ligamentaire complexe, respectivement. Il s'agit d'une allégorie intéressante du *delta* de congruence que nous verrons ci-après : cet espace entre le fémur et tibia/péroné présente une congruence imparfaite, qui permet une grande amplitude de la mobilité du genou (la station debout apparue lors de l'évolution a entraîné des besoins de mobilité spécifiques). Une congruence trop parfaite aurait défavorisé l'amplitude de l'articulation.

¹⁵⁰ La congruence en phylogénie évoque la coévolution entre deux espèces (par exemple hôtes/parasites) (Mickevich et Johnson, 1976).

¹⁵¹ Parmi ce qui est qualifiable de disposition, nous pouvons lister : les normes sociales qui régissent les comportements acceptables dans une communauté ; les rôles de genre qui déterminent les attentes et les comportements associés à chaque sexe ; les institutions telles que l'éducation, la famille et la religion qui façonnent les valeurs et les croyances d'une société ; les hiérarchies de pouvoir qui dictent les relations de dominance et de soumission entre individus ou groupes.

individus. En ce sens, disposition et compétence existent en ce qu'elles sont actualisées en situation, et à l'aide de la situation, dans une dialectique entre ressources internes et disponibilités locales.

Pour appréhender le phénomène de congruence, il est nécessaire de poser la focale sur les événements et les caractéristiques d'une situation donnée, afin de comprendre comment, et en quoi, les dispositions incorporées des sujets vont être facilitantes ou non pour leur action. Une telle acception des dispositions permet de comprendre le développement cognitif et culturel de manière incrémentale, en le gardant au contact des contingences du monde et des situations. Intégrant également dans les dispositions, la notion de « routine » comme un schème standardisé d'action permettant de comprendre, pour partie, toute possibilité d'action située dans ses contingences, la congruence a pour focale la distribution temporelle et distribuée de la cognition dans la mobilisation des dispositions individuelles.

1.2. La congruence comme mise en évidence de la propriété de non-localité de la cognition distribuée

Un des enjeux scientifiques pour un chercheur en sciences de l'éducation et de la formation est notamment de déterminer ce qui influence les comportements et processus individuels lors d'une situation d'apprentissage. Aux deux niveaux d'observation (individuel et situationnel), la prise en compte de l'environnement intervient comme ressources sensorielles et cognitives dans le couplage sujets-artefacts (puisque'il constitue la situation dans laquelle vont se dérouler les actions des sujets) ; il intervient également en tant qu'environnement socioculturel, qui va « équiper » les sujets d'une culture en lien avec son origine socioculturelle. Cet « équipement » culturel va soit « alourdir » les sujets dans la poursuite de leurs buts, soit être un obstacle épistémique ou pragmatique, en fonction, précisément des motifs de leur action, mais aussi des caractéristiques cognitives et socioculturelles de la situation. Cet effet de la culture s'exerce par-delà l'espace et le temps : elle n'agit pas qu'en localité sur les individus. Ces derniers la portent avec eux, puisqu'ils l'ont – pour partie – incorporée. Ainsi, en fonction des exigences sociales et cognitives d'une situation ou/et d'une tâche, la culture des individus va intervenir à différents degrés, de manière plus ou moins consciente, c'est-à-dire plus ou moins inhibée (notamment en fonction du cadre socioculturel, Goffman, 1974). Ainsi, un trait culturel perçu comme positif (comme l'élocution, l'éloquence, l'aisance), devrait faciliter la tâche dans une situation qui requiert ces qualités. A l'inverse, un trait culturel dominant peut jouer en leur défaveur, si les sujets n'arrivent pas à l'inhiber dans une situation leur demandant un effort

cognitif, pour se mettre en scène dans un cadre peu familier, ce qui peut entraîner une surcharge cognitive, puisque l'étape « préparatoire », constituée par l'apprentissage socioculturel, n'est pas congruente avec la situation. Nous parlerons alors de « **propriété de non-localité** » du phénomène de distribution temporelle de la cognition, qui induit des effets projetés.

Nous proposons d'aborder la dimension macrologique du comportement du sujet social, sous le prisme de la cognition distribuée, qui est, d'abord, un phénomène culturel. En effet, le principal « liant » entre l'origine socioculturelle du sujet et l'action située relève, outre le sujet lui-même, des traits culturels incorporés à mesure des **moments socioculturels** (cf. **Partie I.4.2**, p. 83). C'est pourquoi nous considérons qu'un des aspects de la congruence concerne l'articulation entre les conditions matérielles – objectives – constitutives des caractéristiques sociales d'un individu (au sein de son groupe social proche, intermédiaire ou élargi) et les situations dans lesquelles il va exercer des activités et exécuter des tâches cognitives est sa culture. De ce point de vue, la congruence permet de documenter l'existence de ces moments socioculturels. Chacun de ces moments peut être décrit par le paradigme de la cognition distribuée, dans la mesure où ils constituent un système cognitif constitué de composants (les sujets et les artefacts) fonctionnels, parce qu'ils permettent à la cognition de se propager à travers le temps et système selon différents **états représentationnels**. Leur fonctionnalité constatée suppose une congruence effective entre les différents éléments du système, ce qui maintient en vie ce dernier.

2. La distribution temporelle de la cognition et de l'activité

2.1. La dimension temporelle de la cognition comme corollaire de la congruence

Nous souhaitons dans ce travail « rétablir la structure temporelle de la situation » (Quéré, 1997, p. 181). Certains chercheurs se réclamant du courant situé et incarné de la cognition, « s'en tiennent à une conception localiste et instantanéiste de l'action située » (p. 181), ce qui les mène à introduire un biais qui les emmène à se focaliser sur le moment de l'appropriation de l'espace par le sujet, et à négliger la dimension temporelle de la situation. Il s'agit par ailleurs d'une critique adressée également à l'ethnométhodologie qui, par trop, « insiste sur le caractère local de la détermination des conduites, et gomme la dimension configurationnelle d'une séquence temporelle, en considérant que chaque moment est singulier » (Quéré, 1997, p. 182), et néglige

ainsi « l'étude de la sociogenèse des catégories ou des schèmes » (Lahire, 2011, p. 156)¹⁵².

Nous voudrions non pas seulement réhabiliter la dimension temporelle comme dimension consubstantielle de l'espace pour un sujet en action dans une situation donnée, mais aussi et surtout, réhabiliter la dimension temporelle pour mieux comprendre, par succession d'événements historiques et biographiques, le passage de situations initiales à une situation locale, le passage d'un référentiel personnel à un cadre d'action, le passage du contexte à la situation. Autrement dit, il s'agit de développer la notion de temporalité prise en compte dans la cognition distribuée, notamment chez Hutchins (1995, 2020), mais aussi dans la cognition étendue chez Clark (2022). Le passé se projette dans l'action située, la cognition impliquant l'interaction des conséquences de l'expérience passée (pour l'individu, le groupe et le monde matériel) avec les affordances présentes dans la situation (Hutchins, 2020)¹⁵³. En quelque sorte, les dispositions individuelles énoncent le temps par les actions épistémiques et pragmatiques des individus. La continuité sociomatérielle des environnements et de la culture humaine se trouve réifiée.

Par cette entreprise, nous mettons l'accent sur une possible confusion entre situation, environnement et contexte. Notre propre position est en ce sens de les distinguer, non seulement comme échelles des contingences et de l'action humaines différentes, mais également comme objets de focales pour l'observation scientifique, chacun constituant **un horizon des observations** différent. Comme moment socioculturel, la situation est une unité temporelle (Quéré, 1997). L'environnement est le contenant sociomatériel des disponibilités locales, dans lequel la situation a lieu. Lorsque l'on passe de l'environnement à la situation, c'est l'expérience qui s'organise dans une configuration culturelle (Elias, 1973/2003), *via* des arrangements situationnels (Trom, 2003), par sélection des éléments environnementaux de manière épistémiques et pragmatiques (Quéré, 1997) de la part des sujets, ces derniers définissant le cadre de leur action (nous renvoyons à notre acception de la situation comme prolongement du procès anthropologique, cf. **Partie I.1, p. 10**). Le contexte est ce qui va donner sens à une situation : il renvoie à des référents culturels et moraux qui dépassent le strict cadre d'une situation. Il s'agit d'étendre l'étude d'une situation, qui est l'émanation ou le reflet d'une structure plus profonde que l'environnement (Burawoy, 1991), « de sorte à faire entrer le

¹⁵² Voir Rogalski (2004) pour une critique des approches situées du point de vue de la didactique professionnelle, prenant en compte les savoirs de référence liés à une pratique et un milieu professionnels.

¹⁵³ « Ce qui évolue n'est pas seulement le cerveau, mais le système formé par les cerveaux, les corps et les environnements partagés pour l'action en interaction. Les pratiques culturelles font autant partie de l'histoire de l'évolution cognitive que les changements dans la structure cérébrale » (Hutchins, 2020, p. 376).

contexte historique et donc les structures macrosociologiques dans la situation » (Trom, 2003, p. 468). Une situation sociale ne serait donc pas non plus « un empire dans un empire » (Spinoza, 1677), mais un moment du réel dont les ramifications sont temporelles.

Les moments socioculturels successifs vécus par l'individu participent de la construction incrémentale de sa cognition, mais aussi de la production et de l'incorporation de son référentiel interne, qui va intervenir pour l'action comme filtre perceptif par rapport aux stimuli socioculturels et sensori-moteurs environnementaux. L'étude de la cognition étendue suppose plusieurs systèmes d'intérêt à travers de nombreuses échelles d'espace et de temps (Clark, 2022 ; Versace et al., 2018). Notre proposition conçoit alors la cognition comme incarnée et distribuée dans le temps, ce temps étant objectif mais aussi vécu (Minkowski, 1933). Ces moments vécus (Roquet, 2010) nous disposent à de futures situations, l'actualisation de ces dispositions dépendant également des exigences des tâches en question. Une action située dans un environnement, en tant que ce dernier constitue les conditions culturelles, sociomatérielles et sensori-motrices de l'émergence de la cognition, conduit l'activité cognitive à être « considérablement simplifiée lorsqu'elle est le fait d'un esprit incarné inséré dans un environnement » (Hutchins, 1995, p. 172), c'est-à-dire distribuée dans un système cognitif local fonctionnel. L'idée d'étendre l'acceptation de la distribution temporelle à des événements non locaux par rapport à la situation immédiate, revient à proposer que la cognition, par sa distribution et son extension temporelles, peut être simplifiée en direct, parce qu'elle est justement distribuée dans un système fonctionnel, celui-ci étant partiellement non-local. Par des dynamiques individuelles, telles que la constitution de dispositions et de préparation à la perception, les sujets situés vont agir sur et percevoir directement leur environnement immédiat. Cette action située posséderait alors ontologiquement des déterminations non observables *on-line* (Trom, 2003).

2.2. Le phénomène de congruence comme énoncée par le sujet

Nous proposons une approche de la perception, dans le cadre du phénomène de congruence, non structurée autour de la dialectique de la perception directe ou indirecte Clark (2019). Nous considérons que la mobilisation individuelle du référentiel interne, comme les référentiels externes, c'est-à-dire présents dans l'environnement immédiat ou distal (des codes, des plans préparatifs à l'action, Suchman, 1987, des cadres de référence, etc.), agissent tous deux comme des ressources pour l'action du sujet. Ainsi, le phénomène de congruence, contrairement au principe d'adaptabilité (qui supposerait soit au sujet de s'adapter à la situation, soit à celle-ci de

s'adapter au sujet), suppose une rencontre objective à équidistance entre le sujet et la situation. La perception, en fonction des exigences de la situation, serait alors dans certains cas déjà *en elle-même* une inférence active, le corps *inférant directement* (en interaction avec l'environnement) l'action à accomplir. Dans cette perspective, nous pourrions alors avancer, à la lumière de ces propositions, que, **par l'inférence directe, l'inférence active du corps constitue une propriété de la cognition incarnée et, pour nous, de la congruence.**

Cette proposition nous mène à la suivante : comme il est des possibles perceptions directes avec un environnement possiblement non congruent avec son référentiel interne, alors c'est dans cet espace « libre » que le sujet est éactif, qu'il crée, qu'il agit épistémiquement et pragmatiquement. Comme mentionné en **Partie II.3.2, p. 83**, cette inférence serait éactive (Ramstead, Kirchhoff et Friston, 2020) puisque productrice de sens et d'action pragmatique, en tant que les modèles du monde (ou les *policies*), relèvent d'actualisation constante avec la situation plutôt que de représentations ou de codes incorporés mais inertes, autrement dit des inférences d'une cognition incarnée et ancrée. Ce schéma d'inférence est éactif au sens qu'il opère « pour-l'action » (Ramstead, Kirchhoff et Friston, 2020).

2.3. La congruence : une temporalité non dirigée

Notre paradigme général étant non-téléologique (cf. **Partie II.6, p. 112**), la congruence cognitive et culturelle ne suppose pas de sous-texte normatif. L'autopoïèse, comme substrat du *conatus* (cf. **Partie II.6.4, p. 118**), hérite de ce dernier la soustraction à toute téléologie, la tendance à persévérer dans son être étant une nécessité immanente¹⁵⁴, comme logique de conservation inscrite dans une dynamique causale et productive du corps lui-même (Bove, 2005). A ce titre, il existe pour nous une similitude fondamentale entre autopoïèse/*conatus* et congruence. Le phénomène de congruence, même s'il procède d'une rencontre entre deux processus temporels distincts (celui du sujet et celui du contexte socio-historique participant à produire les situations), ne peut trouver d'interprétation rationnelle qu'*a posteriori*: il est le fruit

¹⁵⁴ Même si cette a-téléologie a été discutée récemment dans de nombreux travaux, considérant qu'il existe des traces téléologiques dans les œuvres de Spinoza, notamment en ce que le *conatus* posséderait en fait une finalité interne, et que son système déterministe général procéderait surtout d'une raison mathématique servant sa démonstration du principe de nécessité. Pour Delbos (2002, pp. 123-124) : « [...] le déterminisme de Spinoza est plus géométrique que mécanique, et a son modèle dans la relation interne qui dérive du concept les propriétés qu'il comprend, plus que dans la relation externe qui rend un état dépendent d'autres états; l'individualité, avec l'effort qui lui appartient, n'est pas une simple chaîne de faits : il est une définition singulière qui se réalise ». A ce titre, voir également : Saucier, A. (2020). *La téléologie chez Spinoza* ; Gillot, P. (2004). Le conatus entre principe d'inertie et principe d'individuation. *Dix-septième siècle*, 222(1), 51-73 ; Danciu, A. E. (2019). *Explications mécanistes et téléologiques de l'évolution de la forme*.

de contingences situées et ne peut par conséquent contenir de téléologie. La congruence peut s'observer dans une compréhension épistémique post-hoc de phénomènes observés, comme une construction rationnelle, une objectivation rétrospective d'une action située (Suchman, 1987), et d'une suite d'états corporels.

S'il existe une congruence, il existe alors également un déficit de congruence, autrement dit un écart, ou un *delta* entre ces deux entités que sont le référentiel individuel et la situation. Ce **delta de congruence**, existe de fait (comme une chose en soi), et rend quelque chose possible¹⁵⁵, un écart entre une situation initiale (comprenant un plan, un référentiel, un prescrit) et une situation vécue. C'est cet écart qui offre au sujet la possibilité d'agir, et qui est consubstantiel de son apprentissage. Il s'agit de l'espace (symbolique et fonctionnel) qui est généré, mais aussi investit par le *conatus* et l'intentionnalité qualifiée (Kiverstein et Bruineberg, 2014). Cet espace est généré du fait de l'action et de la volonté productives de l'humain, espace qui est aussi dans le même mouvement investit par sa puissance d'agir. Le *delta* de congruence peut donc être génératif, dans le sens où il permet au sujet de produire quelque chose, le sujet allant puiser dans des ressources internes ou externes pour agir.

2.4. De la perception au cadre d'action : la dimension temporelle et cognitive de la congruence

L'idée de distribution temporelle de la cognition transparait dans la description de la dimension incarnée et projetée de la cognition, par le biais des continuités entre les expériences, du point de vue de leur émergence et de leur reconstruction mentale (Versace et al., 2018). Il semble ainsi que notre proposition diverge du positionnement énoncé originel dans le sens où l'autopoïèse renvoie exclusivement à un auto-référencement via nos interactions sensorielles et motrices avec l'environnement, tandis que le référentiel personnel, comme support de la cognition projetée (Versace et al., 2019), intègre nécessairement des pré-catégorisations qui seront confrontées aux contingences situationnelles, dans un processus perception-reconnaissance des situations et des cadres sociaux. Le système cognitif (en tant que système de composants fonctionnels) que nous proposons est ainsi ouvert, et non pas fermé.

Le phénomène de congruence cognitive est traité dans le champ de la psychologie cognitive en termes d'effets sur la mémoire (Riskind, 1983 ; Dijkstra, Kaschak, et Zwaan, 2007 ; Dutriaux et Gyselinck, 2016b). Il est notamment montré le lien entre les conditions écologiques lors de

¹⁵⁵ Dans le sens d'espace de possibles, comme évoqué précédemment.

la perception d'un phénomène ou de l'intériorisation d'une information, et celles de l'émergence en situation, en fonction d'un environnement qui doit être congruent avec les conditions premières¹⁵⁶. Cette congruence est distale, du point de vue temporel. La *perception-readiness* se fait en amont dans le temps, et permet d'anticiper, de se projeter, dans des situations sensori-motrices et des cadres socioculturels comparables futurs. Les affordances socioculturelles (Simonian, 2020, 2022) participeront alors de l'émergence de la cognition en situation, en permettant aux dispositions individuelles de s'actualiser. La cognition s'appuie ici sur un référentiel externe, elle est donc interactionnelle et non détachable d'un composant externe présent dans l'environnement (Clark, 1997, cité par Conein, 2004). L'extension de l'esprit au-delà des limites du corps est en constante interaction avec la dimension interne de la cognition, que nous nommons **référentiel interne**, ce dernier étant distribué temporellement¹⁵⁷, en accord avec une approche distribuée de la cognition, corollaire de l'approche située et étendue de la cognition en situation.

2.5. La préparation à la perception des affordances dans les systèmes distribués : une intentionnalité qualifiée à travers le temps

En situation, les affordances conditionnent, pour partie, la conduite du sujet. Il s'attend à des disponibilités offertes par l'environnement, en fonction de catégorisations incorporées (voir dans la **Partie II.5.2**, p. 103). La perception de ces disponibilités étant du registre socioculturel et distribué (Simonian, 2019, 2022). Plus spécifiquement, il est considéré qu'un système distribué fonctionnel est efficace si les solutions aux problèmes sont rendues apparentes (Hutchins, 1995). Nous remarquons bien là à quel point la dimension socioculturelle, telles que des normes et de significations partagées, est fondamentale pour rendre fonctionnel un système distribué. Le paysage des affordances rend visibles ou non les offres de l'environnement en fonction des propriétés socioculturelles de celui-ci et des sujets. Or, si l'on prend en compte ces propriétés, on comprend qu'une affordance n'est cachée (Gaver, 1991) qu'en ce qu'elle n'est

¹⁵⁶ Cette nécessité de congruence entre conditions sensori-motrices et contenus du savoir à acquérir a été par ailleurs intégrée par Glenberg-Johnson, 2017, parmi les conditions de conception pédagogique d'environnements numériques mobilisant la cognition incarnée.

¹⁵⁷ Les systèmes neuronaux sous-jacents à l'observation et à la compréhension des gestes sont influencés par nos expériences passées de génération de ces mêmes mouvements, selon Wakefield, James et James (2013). Ils ont trouvé en conditions expérimentales que la perception des gestes est affectée par l'histoire personnelle (biographique) de production de gestes. Dans une étude de Quandt et al. (2012), les patterns d'EEG de sujets ont montré que leurs souvenirs de savoir si les objets étaient lourds ou légers influençaient de manière prévisible leur perception de ce que faisait un autre sujet en présence. Le cerveau anticipe ainsi les expériences sensorimotrices de l'autre, ne serait-ce que de quelques millisecondes.

pas rendue visible par la niche écologique socioculturelle.

Rietveld et Kiverstein (2014, 2022) proposent le cadre théorique de l'intentionnalité qualifiée (*Skilled Intentionality Framework*) à partir du concept d'intentionnalité perceptive chez Merleau-Ponty (1945/1976), qui explique la manière dont le sujet cherche à atteindre une préhension optimale sur les objets du monde. Il s'agirait donc d'être préparé à se retrouver dans des situations spécifiques. Cela implique d'abord d'**apprendre** à percevoir et à tirer parti d'un paysage particulier d'affordances dans des moments socioculturels différents : nous apprenons « dans quels endroits de l'environnement trouver les affordances pertinentes à nos préoccupations et à quels aspects de l'environnement nous devons nous intéresser » (Rietveld et Kiverstein, 2014, p. 331). Ainsi, ce que l'on intériorise, ou incorpore, est porteur de normes socioculturelles (Hardecker et Tomasello, 2017). *In fine*, le corollaire de l'intentionnalité qualifiée serait la normativité située (Rietveld, 2008 ; van den Herik et Rietveld, 2021), autrement dit localisée. Notre positionnement épistémologique se situant dans un paradigme de cognition distribuée, a pour objectif de considérer la perception comme un processus sémiotique, socioculturel, situé temporellement, mais aussi issue de la rencontre entre l'histoire d'un sujet et d'une situation (Simonian, 2022), dans une tension entre **normativités générales et locales**.

Ainsi, les stratégies cognitives requièrent, au-delà du couplage structurel avec l'environnement, une reconstruction mémorielle des expériences passées et incorporées au service de l'exécution de tâches *on-line*. Nous proposons que s'opère alors un couplage sémiotique entre ces objets incorporés (schèmes modaux) et la signification des objets en situation. Le *sense-making* qui émerge procède de ce double processus : d'un auto-référencement, puisque l'individu « puise » ses ressources cognitives à partir de son référentiel incorporé ; ainsi que du couplage structurel avec un environnement plus ou moins distal (par exemple dans le cas de disponibilités éloignées de la situation). La congruence est donc **phénoménale** : elle s'opère dans le cadre de cette affordance projetée entre le référentiel individuel (notamment en ce qu'il a de sémiotique) et la signification en action de l'environnement, en fonction de l'intentionnalité qualifiée du sujet.

3. Un référentiel interne

3.1. La trajectoire socioculturelle et le capital culturel : phase de préparation cognitive

Dans sa biographie personnelle, une phase « préparatoire » à la perception (cf. **Partie II.5.2**, p.

103), impliquerait pour l'individu de pouvoir mobiliser son capital culturel et d'être disposé¹⁵⁸ (conativement et cognitivement) pour agir.

Le capital culturel est dynamique, évolutif au niveau individuel, et sujet aux contingences locales, notamment celles de l'environnement technique (Fabiani, 2007), et générales au niveau macrologique. Les activités cognitives *in the wild* (Hutchins, 1995), sont des activités d'acculturation (au sens d'incorporation de composants et de signifiants culturels). Le capital culturel est une variable à prendre compte en ce qu'elle permet à l'individu d'être en congruence avec son milieu. Nous parlons ici d'**inférence culturelle** (Hutchins, 1995) pour caractériser tant ce qui permet à un sujet d'intégrer un contexte culturel que de rendre visible ce qu'il produit culturellement dans ce milieu. Le travail cognitif étant culturellement situé, la culture du milieu peut constituer une ressource pour le travail cognitif. En d'autres termes, il existe un certain niveau de congruence entre la structuration proxémique du milieu et la culture de la population qui y vit et travaille (Hall, 1971)¹⁵⁹.

3.2. Le corps comme premier référentiel

Dans son ouvrage *Cognition in the wild*, Hutchins (1995) évoque le fait qu'il n'a « intentionnellement pas tenté de décrire les propriétés des individus, avant de décrire les mondes culturellement constitués dans lesquels ces propriétés se manifestent » (p. 287), ni « abordé la question de comment les structures internes pourraient réellement se développer en conséquence d'expériences particulières » (p. 289). Dans un paradigme général de cognition située, il évoque par ailleurs à plusieurs reprises l'incarnation physique (*physical embodiment*, pp. 95-102, 107-110, etc.) et sociale (*social embodiment*, pp. 202-204, 207-209, etc.), dans les systèmes cognitifs distribués, mais sans jamais évoquer le terme de cognition incarnée (*embodied cognition*), les travaux de Varela et collègues ayant pourtant défriché ce concept quelques années auparavant. Theureau (2020) le souligne justement : « Dans la plupart des cas, les processus cognitifs décrits dans "Cognition in the Wild" et dans d'autres approches de la

¹⁵⁸ La psychologie sociale s'intéresse également aux questions de dispositions individuelles à agir. Par exemple, la théorie de l'autodétermination (Deci et Ryan, 2002) envisage, par exemple, le comportement humain en fonction d'un degré d'intériorisation des motifs qui *drive* le sujet à s'engager dans une action ou une autre. Nous ne regardons pas donc pas uniquement le degré de motivation envers une tâche ou une situation, mais également le degré d'autodétermination à nous engager dans cette tâche. Cette détermination, qui est un continuum du locus de contrôle pour Deci et Ryan (2022), peut avoir comme origine des motivations externes (comme fuir une punition ou pour obtenir une rétribution) ou internes (pour le plaisir procuré par la tâche).

¹⁵⁹ Il cite par ailleurs Mumford (1963/2010), qui observe par exemple que le « quadrillage uniforme [des cités nord-américaines] permet aux étrangers de s'y sentir aussi à l'aise que les plus anciens habitants » (Mumford, 1963, cité par Hall, 1971, p. 134)

cognition distribuée [chez Hutchins] sont présentés sans référence au rôle du corps pour la pensée » (pp. 1-2). Toutefois, Hutchins (1995, p. 287) donne lui-même deux raisons principales pour lesquelles ne pas porter l'analyse au niveau individuel serait une erreur :

- 1) D'abord, dans la mesure où l'étude des processus cognitifs doit en partie être inférée à partir de facteurs non immédiatement observables, « il est important de saisir une bonne spécification fonctionnelle pour le système cognitif humain » (p. 287). Pour cette raison, nous proposons dans le présent travail de « réduire la focale » au niveau individuel, afin de mieux comprendre par quels processus l'individu perçoit et infère de manière active en situation.
- 2) Disposer la focale au niveau individuel permet de considérer l'activité humaine comme partie intégrante d'un système plus large. Il est nécessaire, dans une compréhension distribuée, de comprendre les propriétés cognitives des individus afin de mieux comprendre celles des systèmes plus larges, et vice-versa.

C'est la raison pour laquelle, nous proposons de prendre le corps comme référentiel interne, incarné et distribué (Johnson-Glenberg, 2018), afin de rendre compte de « l'épaisseur » des sujets distribués en système, au-delà de leur fonction à l'intérieur de celui-ci. Par exemple, Salomon (1993) s'oppose à la perspective exclusivement sociale de la distribution cognitive, soutenant que les chercheurs sont allés trop loin en excluant l'individu de leurs analyses. Selon lui, il n'est pas souhaitable de proposer une théorie adéquate de la cognition distribuée sans prendre en compte le rôle explicite de la cognition individuelle. Selon nous, les caractéristiques des sujets déterminent l'état représentationnel de l'information propagée dans ce système, car leurs propriétés confèrent un état représentationnel (via leur éaction), un statut social (Moore et Rocklin, 1998), et donc une valeur spécifiques, à cette information (« le médium est le message » vaut également pour les messagers). Il s'agit, plus précisément, de considérer la congruence comme un processus cognitif dynamique articulant le corps et l'esprit (cf. **Partie I.3.3.3, p. 39** et Chaker et al., 2021). De ce point de vue, les environnements d'apprentissage devraient être co-construits (Clancey, 1995) sur des liens étayés entre les actions physiques que les apprenants accomplissent et la construction de nouveaux concepts (Lindgren et Johnson-Glenberg, 2013, cf. projet *MODELI+*, **Partie IV**, p. 195). Une orientation scientifique spécifique consiste alors à rechercher des situations congruentes entre gestes et savoirs à acquérir, à les circonscrire, les formaliser pour les implémenter dans des environnements d'apprentissage.

3.3. L'agir situé et la concordance du *self*

Réduire la focale de l'observation invite alors à analyser finement les motifs d'engagement des sujets situés dans des activités (Astier, 2003). Une congruence parfaite, un état d'équilibre permanent, ou d'homéostasie, s'il est nécessaire pour l'équilibre individuel (au sens physiologique et psychologique), inhiberait l'individu dans sa quête de construction de connaissances, d'élaboration in situ de schémas d'action, ou d'heuristiques nouvelles, puisque ces nécessités se retrouveraient caduques. Les situations rencontrées par le sujet ont lieu dans un cadre culturel spécifique : ces nouveaux schèmes cognitifs à construire ne sont pas hors-sols, mais ancrés (*grounded*) dans les conditions de leur émergence. Ainsi, le coût d'une activité serait lié aux potentielles divergences cognitives et culturelles entre le référentiel et l'action. Il s'agit donc de l'effort cognitif mais aussi culturel que le sujet doit fournir en situation : notre hypothèse est que plus la congruence entre le référentiel du sujet et les exigences culturelles et cognitives de la situation est faible, plus le coût est important. Et plus cette congruence est forte, moins l'activité sera coûteuse et prédite comme telle par le sujet.

Du point de vue psychique, la congruence identitaire¹⁶⁰, comme *drive* à l'action, fait écho au modèle de la concordance du *self* proposé par Sheldon et Elliot (1999). Selon Fenouillet (2016), cette théorie partage avec la théorie de l'autodétermination (TAD) « le postulat de l'existence de trois besoins fondamentaux : autonomie, compétence et relations sociales » (p.134). Le modèle de la concordance du *self* tente d'expliquer les dissonances entre les besoins psychologiques de base et les comportements individuels, par le locus de causalité du comportement, partagé également avec la TAD : les auto-perceptions des causes (c'est-à-dire des raisons) du comportement sont différenciées le long d'un continuum d'autonomie et d'internalisation (Ryan et Connell, 1989). Il existe ainsi une distinction entre les raisons externes à l'origine d'une action (introjection de normes et d'attentes sociales), donc qui relève d'un locus de causalité externe, et les raisons internes qui relèvent d'un locus de causalité interne où l'individu est « à l'origine » de son comportement (DeCharms, 1972, évoque une causation personnelle : *personal causation*), une sorte de *causa sui* (auto-causation) psychique, qui, pour nous, procèdent tout de même historiquement pour partie de facteurs externes (qui

¹⁶⁰ Dans la théorie de l'autodétermination (Ryan et Deci, 2003), les termes d'identité et de *self* possèdent une signification différenciée, et il est soutenu que les identités peuvent varier en fonction du degré de congruence avec le développement du *self* en lien avec les besoins psychologiques fondamentaux d'autonomie, de compétence et de relation. Plus précisément, le niveau de congruence entre les identités et le *self* dépend (a) des motifs sous-jacents aux engagements identitaires (c'est-à-dire, la pression versus la volonté) et (b) du contenu des objectifs définissant l'identité (c'est-à-dire, extrinsèque versus intrinsèque) (Soenens et Vansteenkiste, 2011).

agissent *off-line*). L'existence de signaux extrinsèques, présents dans l'environnement¹⁶¹, expliquerait ainsi que « les individus [puissent] donc prendre des initiatives les conduisant à sélectionner des objectifs qui [puissent] être en désaccord avec leurs besoins fondamentaux » (Fenouillet, 2016, p.135). La théorie de la concordance du *self* propose alors que l'individu évalue ses buts poursuivis « en termes de perception d'intérêt ou de congruence identitaire, plus que de culpabilité introjectée ou de compulsion interne » (Fenouillet, 2016, p.136). En effet, le *self* étant agentique, il prend pour Sheldon et Elliot (1999) le contrôle de ce qu'ils appellent la « machine biocognitive », comme procès conatif du *drive* à partir des besoins primaires et organismiques.

3.4. La dissonance cognitive et l'attente de congruence

Pour Festinger (1957), la perception d'une incohérence entre les différentes cognitions d'un individu génère un état intrapersonnel négatif (dissonance), qui le motive à rechercher et à mettre en œuvre des stratégies pour atténuer cet état aversif. Festinger propose que cet état d'inconfort induit par la dissonance entre différentes cognitions, pouvant impliquer un éveil (*appraisal*) négatif (Elliot et Devine, 1994), motive les individus à faire face à cette situation (*to cope*) par un processus de régulation des attitudes et des comportements, généralement en ajustant une cognition à l'autre. Cet ajustement est soit épistémique soit pragmatique. Dans une situation peu ou pas congruente, pouvant ainsi induire une « surprise » (Friston, 2013), le sujet a tendance à appliquer une modification épistémique à son environnement, afin de revenir à un état d'équilibre, épistémologie produite néanmoins par l'action du sujet dans un processus de resignification.

Plusieurs recherches comme celles de Elliot et Devine (1994), Elkin et Leippe (1986) ou Cooper et Fazio (1984) montrent que le changement d'attitude du sujet est au service de la réduction de l'inconfort généré, et non pas déclenché par le stimulus dissonant. Autrement dit, cet inconfort intellectuel se manifeste d'abord par un inconfort corporel. Cet inconfort a été précisé peu de

¹⁶¹ Les récompenses saillantes (*salient rewards*) est un exemple de stimuli présents dans l'environnement d'une tâche, qui peut produire un locus de causalité externe, qui conduit le sujet à évaluer son action comme étant le fruit d'une motivation extrinsèque, quelle que soit sa motivation réelle, selon la théorie de l'attribution (Ferrin et Dirks, 2003 ; Miller et Ross, 1975) qui se focalise sur l'attribution causale (par le sujet) de sa propre motivation, quelle que soit la nature réelle de celle-ci. A contrario, la théorie de l'ATD se base sur les besoins fondamentaux de compétence, d'affiliation et d'autonomie, Ainsi, l'effet d'un événement externe sur la motivation intrinsèque dépend de la mesure dans laquelle cet événement est perçu comme facilitant ou limitant l'autonomie, ou fournissant des informations sur la compétence (Deci et Ryan, 2008).

temps après la publication de Festinger de sa théorie¹⁶², par Aronson en 1968 qui a introduit une précision importante : pour lui, « si la dissonance existe, elle est le résultat de cognitions incompatibles avec le concept de soi [*self-concept*] » (p. 23). Pour Elliot et Devine (1994), si le *self* était ainsi impliqué à divers degrés dans le processus de dissonance, il constituerait une dimension critique de l'évaluation en situation, et influencerait de manière significative la nature de l'affect ressenti à la suite d'une dissonance.

Nous notons par ailleurs l'importance de l'élément corporel : la dissonance provoquant un éveil physiologique, c'est donc un état corporel (*bodily state*) qui va conduire le sujet à mettre en œuvre une stratégie épistémique ou pragmatique afin de réduire cette dissonance, pour en priorité, revenir à un état de confort physiologique. Cela fait écho avec la vision ascendante liée à la cognition incarnée, les états corporels conduisant à une dynamique cognitive (cf. **Partie II.3.6.2**, p. 87)¹⁶³.

Pour Gawronski (2012), qui a introduit le modèle des conflits « psycho-logiques » afin de compléter et préciser la théorie de Festinger, la consistance cognitive relève effectivement d'une motivation primaire. Par ailleurs, il insiste sur le fait que la dissonance se produit non pas entre deux cognitions seulement, mais à partir de trois au moins. Il donne l'exemple du fumeur [1^{ère} proposition], qui, sachant que fumer peut favoriser l'apparition d'un cancer [2^{ème} proposition], n'est en état de dissonance que parce qu'il désire rester en bonne santé [3^{ème} proposition]. Cette troisième proposition agit donc comme un référentiel culturel¹⁶⁴ général ou

¹⁶² Festinger (1957) a utilisé le même terme de dissonance pour désigner trois réalités différentes : la théorie elle-même, la situation déclenchant la dissonance cognitive et l'état de dissonance généré. Festinger a conceptualisé la dissonance de deux manières distinctes : en définissant d'abord l'inconfort psychologique comme étant une composante de la dissonance, puis en reliant la dissonance comme un état corporel (ou organismique) analogue à un état de tension ou de *drive* primaire comme la faim (Croyle et Cooper, 1983). Plusieurs études empiriques suggèrent par ailleurs que l'éveil négatif induit par une situation de dissonance constitue une preuve directe et convaincante de l'existence d'une composante d'éveil physiologique (*arousal*) dans l'état de dissonance, en plus d'un inconfort psychologique (Elliot et Devine, 1994). Par ailleurs, plusieurs études empiriques confirment la proposition première de Festinger, qui révèle que c'est l'état d'inconfort et non pas l'état dissonant en lui-même qui est source de dissonance cognitive.

¹⁶³ Pour Fenouillet (2016, p.161), Festinger inscrit sa théorie dans une dynamique homéostatique et prend comme modèle la conception du *drive* de Hull (1943), dans sa modélisation de la tendance individuelle à être perpétuellement en quête de cohérence et de congruence entre les représentations cognitives individuelles liées au *self* et l'environnement. Ce différentiel est une dissonance qui est un état motivationnel, ayant pour but de réduire cette dissonance. Dans cette définition, persévérer dans son être renverrait à la persévérance dans la congruence, l'équilibre, l'homéostasie et la cohérence de cet être.

¹⁶⁴ L'inconsistance étant « le plus souvent le résultat de plus de deux croyances propositionnelles » (Gawronski et Brannon, 2019, cités par Bran et Vaidis, 2022), la dimension culturelle des attitudes et des conduites peut également être introduite dans le schéma théorique de la dissonance cognitive, a minima en amont de la situation

local – logique, que nous qualifions d’ancrage épistémique ou pragmatique. Il y aurait donc des situations de congruentes à non congruentes (donc des degrés de congruences) qui ne procéderaient pas seulement d’une tension induite dans le couplage *self*-situation, mais d’un motif d’action en situation (telle que le propose les recherches sur les théories de l’activité).

Ces propositions permettent d’associer à notre approche de la congruence culturelle et cognitive, une dimension psychosociale, traitée par la théorie de la dissonance cognitive (qui figure parmi les principaux paradigmes en psychologie sociale, cf. Kruglanski et al., 2018) et les théories plus tardives qui tentent de la compléter ou la préciser¹⁶⁵.

3.5. Un parallèle entre une condition d’incongruence socioculturelle et la dissonance cognitive

Si le *drive* est énergétique (ou organismique, renvoyant à la notion d’homéostasie cf. Pezzulo, Rigoli et Friston, 2015), il n’établit pas de direction, explique Fenouillet (2016). L’orientation de l’agir, si elle possède un aspect général (par rapport au *conatus* général à persévérer dans l’être), possède également une dimension relative, ou située, en fonction des exigences de la tâche et du contexte environnemental (*conatus* particulier). Du point de vue sociologique, Benoit-Smullyan avance en 1944 l’hypothèse de la tendance des individus et des organisations d’individus de s’approcher vers un statut d’équilibre, c’est-à-dire une tendance à ce que la position d’une personne dans une hiérarchie sociale donnée corresponde à sa position dans une autre¹⁶⁶. Ainsi, si les travaux des sociologues comme Homans (1961), Lenski (1954), etc. sur le rapport différentiel entre statut de l’individu dans une organisation et son statut social générique, étaient empiriquement basés à l’intérieur des organisations ou des groupes de travail (autrement dit des systèmes sociaux fermés et situés), nous proposons que ce différentiel

déclenchant une dissonance. Afin de mieux clarifier la théorie de Festinger qui qualifiait de dissonance cognitive autant la situation de dissonance, l’état psychologique induit, que la théorie elle-même, Vaidis et Bran (2018) ont suggéré de nommer le déclencheur : « inconsistance », l’excitation négative : « un état de dissonance cognitive », et la théorie elle-même : « la théorie de la dissonance cognitive ». A l’instar des apports du modèle des conflits « psycho-logiques » de Gawronski et Brannon (2019), qui ne restreint pas la troisième cognition au concept de soi, nous proposons que la dimension culturelle puisse se retrouver dans la définition de la situation, ou du cadre social, suffisamment signifiants pour le sujet, pour qu’une potentielle inconsistance cognitive (et culturelle donc), et qu’un potentiel état de dissonance cognitive (et culturelle) aient lieu (conduisant ainsi à une approche située de la dissonance cognitive).

¹⁶⁵ Voir l’article de Bran et Vaidis (2022) sur les « Nouveaux Horizons sur la Dissonance Cognitive : Développements Récents, Modèles Intégratifs et Pistes de Recherche ».

¹⁶⁶ Principe que le sociologue Gerhard Lenski reprendra par la suite en 1954 afin d’expliquer que la personne faiblement « cristallisée » était insatisfaite de l’état actuel des choses, se sente frustrée et recherche un changement social. Cette situation contraste avec la satisfaction et l’absence relative de frustration de la personne hautement cristallisée.

participe à l'acceptation du concept congruence : le statut se généralise à l'ensemble des positions sociales du sujet (le système social général ouvert auquel appartient l'individu) et de ses cadres d'action. Un lien possible entre sociologie et état psychologique d'inconsistance a été avancé par Sampson (1963) : il s'agit de « traiter la variable sociologique de la congruence de statut dans les mêmes termes que ceux utilisés pour traiter les théories psychologiques de la cohérence cognitive, plus précisément, dans les termes d'une théorie plus générale de la congruence des attentes » (Sampson, 1963, p. 154).

La dimension culturelle joue alors un rôle crucial dans la détermination des antécédents des dispositions individuelles : que cela soit par rapport à un référentiel culturel général (comme évoqué lors de la prise en compte de la position sociale générale du sujet), ou à un référentiel d'action en situation (la position sociale dans un contexte ou une situation donnée). La dimension culturelle fait partie intégrante de la cognition sociale qui ne peut ainsi être hors-sol, ou *désancrée*, et ne constituerait donc pas une dimension autonome qui déterminerait les conduites individuelles de manière holistique. La conduite individuelle, si elle possède dans ses prémisses une part solidement incorporée à travers l'histoire culturelle et cognitive du sujet, peut néanmoins renvoyer à un locus de causalité (plus ou moins objectivable et internalisé) ancré et culturel (Bruner, 1957, 1996).

Dans la dynamique congruence/incongruence, ce que le sujet peut ressentir, en termes d'inconsistance cognitive, provient ainsi de sa perception des propriétés du cadre situationnel et de lui-même (*self*) (par biais de confirmation, les sujets « forçant » parfois la réalité à consister avec une croyance construite en cohérence avec leur culture, Bronner, 2011).

3.6. Dissonance/incongruence et charge cognitive/apprentissage

L'acceptation motivationnelle de la dissonance possède les mêmes propriétés que celles du *drive* motivationnel, comme théorisé dans l'apprentissage traditionnel, ce qui conduit à trouver dans de nombreuses recherches que la dissonance possède des propriétés d'excitation (*arousal*), pouvant mener à des expériences « positives », notamment en termes d'apprentissage¹⁶⁷. Il est nécessaire ici de spécifier que la dissonance cognitive n'est pas la non-congruence, ou encore que la consistance cognitive n'est pas la congruence : la première relève d'un champ de

¹⁶⁷ Par exemple, il a été démontré que la dissonance augmente l'activité physiologique et cognitive générales (voir, Cook, Pallak, Storm et McCaul, 1977 ; Pallak, Brock et Kiesler, 1967 ; Pallak et Kiesler, 1968, cités dans Martinie, Olive et Milland, 2010), dans la mesure où la dissonance conduit le sujet à modifier des éléments cognitifs inconsistants.

recherche propre à la psychologie sociale, et tente de décrire les états psychologiques et physiologiques du sujet dans une situation et un état dissonants, ainsi que la réponse de ce sujet à cette situation. La congruence, quant à elle, relève d'un phénomène relatif, qui est celui d'un **état d'équilibre** sous-jacent à un écart entre les dispositions et référentiels individuels ou de groupe, et la situation. Nous pourrions alors dire que **la dissonance cognitive est un état psychologique et physiologique possible induit par une situation non congruente**, mais qui ne saurait être ni confondu avec le phénomène de congruence, ni explicatif de ce dernier. Toutefois, nous mobilisons certains résultats de la psychologie sociale afin de tenter d'expliquer les dynamiques humaines de retour à un état consistant, c'est-à-dire, de montrer que lors de situations inconfortables, le sujet tente presque « automatiquement » (consciemment ou non), de résoudre la tension éprouvée. Seulement, cette dynamique de retour à un équilibre n'est pas sans coût cognitif.

Les situations éprouvées comme dissonantes pour l'individu n'altèrent pas nécessairement négativement les comportements des sujets. En effet, la dissonance cognitive, induisant un éveil (*arousal*) physiologique, peut faciliter la performance lors de tâches simples nécessitant une réponse, comme si cette dissonance était *germane* (utile) pour l'apprentissage. En situation non congruente, si la tâche est simple, elle peut néanmoins être résolue et conduire le sujet à apprendre, via des associations possibles avec son répertoire (Martini, Olive et Milland, 2010) et ainsi moins solliciter la mémoire de travail. Cela fait écho avec notre acception du **référentiel interne**, qui va agir comme ressources cognitives dans une situation de résolution de tâche simple dans une situation non congruente. A l'inverse, si la tâche est complexe en situation incongruente, alors la mémoire de travail sera saturée (Hossain et Yeasin, 2015)¹⁶⁸, car elle nécessite certaines ressources de la mémoire de travail¹⁶⁹ : dans ce cas, la dissonance cognitive consomme des ressources supplémentaires de la mémoire de travail. On peut alors supposer que le *delta* de congruence (entre les dispositions/référentiel d'un côté et la situation) induit par la situation, peut conduire le sujet à apprendre, et peut être analysé d'un point de vue

¹⁶⁸ L'écart entre les capacités cognitives et les exigences de la tâche est corrélé de manière significative avec la dissonance cognitive (Hossain et Yeasin, 2015) : dans leur modèle, Hossain et Yeasin (2015) montrent que l'écart entre les habiletés cognitives et les exigences de la tâche produit un double effet de surcharge cognitive et de dissonance cognitive, le sujet puisant dans les ressources de sa mémoire de travail.

¹⁶⁹ Dans l'étude de Martini, Olive et Milland (2010), les chercheurs ont demandé à des sujets de rédiger des dissertations « contre-attitudinaux », autrement dit qui contredisaient leurs croyances et leurs opinions. Les résultats révèlent qu'au plus la tâche est complexe, au plus elle exige des ressources de la mémoire de travail importantes : les participants dans la condition de dissonance ont obtenu de moins bons résultats que les participants dans la condition sans dissonance uniquement sous une charge cognitive élevée et ne présentaient aucune différence sous une faible charge cognitive.

développemental (si la tâche est suffisamment simple).

3.7. Du vécu personnel à la charge cognitive *in the wild*

Dans notre proposition théorique de la distribution temporelle de la cognition, il est nécessaire de comprendre les processus liant le vécu personnel (les moments sociaux antérieurs à la situation) et les processus cognitifs situés. Ces derniers ont pour corollaire les capacités de la mémoire de travail, qui est plus ou moins saturée par les exigences (ou la complexité) de la tâche, ainsi que par la structuration de l'environnement. Ainsi, dans le paradigme qui est le nôtre, nous interrogeons les liens potentiels entre la dimension temporelle, autrement dit le vécu personnel, et la gestion en direct des ressources externes et internes, du point de vue cognitif, en situation. Dans la vie de tous les jours, les personnes déchargent une partie des processus cognitifs dans leur environnement (Lave, 1988 ; Hutchins, 1995), via l'usage de différentes technologies et outils, qui « réifient les formats de problèmes courants et automatisent les procédures de recherche de solutions » (Pea, 1993, p. 53). Au fur et à mesure, nous ne faisons plus attention à ces artefacts, et ils deviennent transparents (Pea, 1993), c'est-à-dire complètement congruents avec nos dispositions cognitives et perceptuelles.

Le lien d'articulation circulaire (*articulatory loop*, Baddeley et Hitch, 1974) entre la mémoire à long terme et la mémoire à court terme, plus particulièrement l'empan mémoriel¹⁷⁰, illustre comment les joueurs d'échecs professionnels déploient des stratégies cognitives lors des parties. Ils sont capables de retenir les positions des pièces en milieu de partie, de manière bien plus fluide significativement (avec plus de rapidité et de précisions), que des joueurs amateurs (voir l'étude de de Groot, 1965)¹⁷¹. Ainsi, les connaissances différentielles entre les individus mènent à une contribution différenciée de la mémoire de travail, notamment en termes de

¹⁷⁰ Par exemple, l'étude de Hulme, Maughan et Brown (1991) démontre que les processus cognitifs de la mémoire à long terme influencent de manière significative les performances de la mémoire à court terme ou de travail, lieu de l'empan mémoriel à court terme. Ils établissent des liens entre un objet à traiter cognitivement en situation et la familiarité du sujet avec cet objet à partir de son vécu personnel. A son tour, la mémoire de travail, puisqu'elle est mobilisée en situation pour le traitement cognitif de cet objet, va entraîner un ancrage mémoriel à long terme via la charge cognitive utile, qui transfère les informations de la mémoire de travail à la mémoire à long terme. En ce sens, le lien entre les deux types de mémoire est circulaire : l'un alimente l'autre dans un processus incrémental.

¹⁷¹ Le lien possible entre, d'un côté, la mémoire à long terme, qui est le lieu d'ancrage des pratiques (notamment la mémoire procédurale – non déclarative –, par exemple sur la reconnaissance des réseaux de mat à partir de positions, et, de l'autre côté, la mémoire sémantique – déclarative – par exemple les parties apprises et les ouvertures théoriques) et la mémoire de travail est ici mis en évidence. Néanmoins, lorsque l'on réplique cette expérience avec une disposition aléatoire des pièces sur l'échiquier (donc ne provenant pas de positions théoriques possibles lors d'une partie classique), les différences entre les joueurs professionnels et amateurs s'estompent de manière importante (Chase et Simon, 1973).

charge cognitive induite¹⁷². Dans le cadre de ce principe, nous retrouvons une acception du phénomène de congruence entre la tâche cognitive et une partie des informations intériorisées. L'effort mental induit par une situation non congruente conduit le sujet à un comportement (épistémique ou pragmatique) jugé comme le plus adéquat possible, afin de réduire cette incongruence, ou plutôt à agir malgré cette dernière, en mobilisant ses ressources internes, mais aussi externes présentes dans l'environnement. Ce coût cognitif produit, est, c'est notre hypothèse, fertile (*germane*), du point de vue de la théorie de la charge cognitive. Cette *germane cognitive load* constitue ainsi pour le sujet l'effort mental supplémentaire pour produire des actions visant à résoudre un problème ou trouver une information, autrement dit, pour apprendre en situation de manière active.

3.8. Un référentiel « pour-l'action » plus ou moins interne, plus ou moins local

Le référentiel ne renvoie pas à une incorporation passive d'habitus, comme si ces derniers interagissaient avec l'individu. Le sujet, à instant *t*, ne fait qu'un avec ce référentiel : « le corps est porteur des dispositions et des capacités générales qui rendent possible les intentions et les projets personnels de chacun » (Barbaras, 1998, cité par Marzano, 2022, p. 45). Il ne s'agit pas de distinguer le référentiel d'un individu, de son *self*. Le corps est le référentiel premier de la cognition, dans le processus de couplage avec une situation (Varela, 1991 ; Damasio, 1994). Nous reprenons à notre compte l'acception du référentiel proposé par Theureau (1999) dans le cadre épistémologique de sa théorie du cours d'action :

Le "Référentiel" ne désigne pas une structure cognitive supposée implantée dans le cerveau de l'acteur et qui lui servirait dans toutes les situations qu'il est susceptible de traverser, comme le postule la psychologie cognitive de "l'homme comme système de traitement de l'information". C'est l'ensemble, plus ou moins organisé et hiérarchisé, des types, relations entre types et principes d'interprétation disponibles pour l'activité de l'acteur en situation à un instant donné [...]. Ces types, relations entre types et principes d'interprétation décrivent des schèmes typiques d'attention, de perception, d'action, de communication, d'interprétation et d'émotion (Theureau, 1999, p. 20).

Pourquoi un référentiel ?

- L'hypothèse d'un référentiel est cohérente avec l'approche distribuée et incarnée

¹⁷² Par ailleurs, le principe d'emprunt et de réorganisation de la mémoire à long terme (Sweller, 2016) postule un rôle fondamental de la cognition sociale. Pour Sweller (2016), la plupart des contenus de la mémoire à long terme proviennent de la mémoire à long terme des autres. Bandura (1986) à ce propos a largement précisé sa proposition d'apprentissage vicariant dans le processus d'apprentissage individuel.

de la cognition : il n'y a pas de lieu physique où sont stockés les connaissances, les symboles, les représentations, les habitus, etc. Les processus cognitifs ainsi que les informations disponibles sont distribués dans les réseaux cérébraux, dans le corps, et dans l'environnement. Cette hypothèse est cohérente avec une approche sémiotique et énaïve de la cognition : par le *sense-making*, le sujet fait référence à des objets intériorisés ou présents dans l'environnement. Par intériorisations préalables de catégories, il est prêt à reconnaître le cadre d'une action sociale.

- Le référentiel est individuel et partagé, puisqu'il procède d'intériorisations de processus externes : il est ainsi indissociable de la dialectique intériorité/extériorité, processus ascendants/descendants.
- Le référentiel agit avec le sujet en action, le sujet étant sa propre référence, ce qui est cohérent avec le principe de l'autopoïèse et de la cognition incarnée.
- Le référentiel est modal : il renvoie à des schèmes sensori-moteurs, qui vont émerger selon le niveau de congruence afférent au couplage du sujet avec l'environnement. Ce qui rend acceptables les différentes hypothèses de préparation à la perception, dans le sens où le référentiel agit comme filtre perceptif.
- Le référentiel intègre une approche sociologique dispositionnaliste, les dispositions étant des traits incorporés, mais dont la genèse résulte d'expériences sociales et n'agissant qu'en étant actualisées en situation. Utiliser méthodologiquement le concept de référentiel rend possible l'explication de conduites différentes d'individus pourtant dans des situations sociales semblables, et a contrario, celles de l'individu pluriel (Lahire, 1998, 2023), mobilisant différentes dispositions en fonction de la situation (ou du cadre social).

4. La congruence culturelle et cognitive pour comprendre les processus d'apprentissage

Hutchins (1995), dans son principe de distribution temporelle des tâches cognitives, évoque la phase de préparation en amont de l'activité cognitive effective. Nous proposons en complément qu'une congruence entre les conditions initiales de l'émergence de la cognition et celles de son

émergence *in situ*, est ce qui permet à la cognition de se distribuer dans le temps.

4.1. La congruence dans la cognition distribuée entre le référentiel et les situations

La focale qui se pose autant sur les propriétés de la situation que sur celles des sujets agissant, pose la question des propriétés physiques et psychiques de ce dernier, en recherche consciente ou non de congruences dans l'environnement. Dans notre approche, la congruence contient les propriétés de la cause (les séquences d'acquisition cognitives et culturelles conscientes et non conscientes (notamment via l'incorporation, ou l'intériorisation, cf. Bruner 1957) qui sont projetées partiellement dans l'agir. L'utilisation d'indices dans l'environnement implique directement l'existence d'inférences (Bruner, 1957) : cette inférence sémio-pragmatique est en lien direct avec la biographie cognitive et socioculturelle des sujets. Ce dernier utilise des indices de l'environnement pour évaluer le niveau de congruence avec ses schèmes (modèles perceptivo-cognitifs ou catégories incorporées) : « passer d'indices à des inférences constitue l'activité la plus omniprésente et la plus primitive », activité liée à « un apprentissage des probabilités de l'environnement et des invariances, reliant des indices à d'autres indices, et des indices à des comportements » (Bruner, 1957, p. 133).

Comme nous l'avons vu en **Parties II.4.2 (p. 97) et II.5.2 (p. 103)**, la préparation à la perception et à la cognition participe à réduire la surprise lors de situations sociales et cognitives, facilitant ainsi les inférences, quel que soit le niveau de « directivité » de la perception, et impliquant des coûts cognitifs afférents, d'où l'hypothèse d'un référentiel comme support à l'action. Cette recherche de congruence est sous-tendue par un mécanisme préreflexif d'intentionnalité perceptive (Ramstead, Veissière et Kirmayer, 2016). A contrario, pour développer des apprentissages, il s'agit davantage de chercher à induire – *via un hiatus* de congruence – une charge cognitive supplémentaire mais utile, en exploitant cet écart dans le triptyque cerveau-corps-environnement (Linard, 1989, 2001).

Il est possible de voir, dans l'action située (cf. notamment Suchman, 1987), une articulation entre la mobilisation de référentiels externes (les ressources environnementales immédiates : les disponibilités locales, cf. Hutchins, 1995 ; Lave, 1988 ; Norman, 1993) et la mobilisation de référentiels internes, en fonction du niveau d'expertise du sujet et de la demande de la tâche. Ces référentiels, propres aux individus, sont ancrés dans une histoire et un milieu culturels.

Nos inférences actives construisent la réalité (du point de vue éactif, et non constructionniste)

dans le même temps que nous lui donnons du sens (*sense-making*). Le principe de congruence intervient dans cette dynamique de boucle entre le référentiel interne du sujet et la situation (constituée par les exigences d'une tâche, tant du point de vue cognitif que culturel et social, mais aussi par les propriétés de l'environnement agissant *on-line* comme référentiel externe), les deux constituant un système distribué. En fonction du niveau de congruence entre le référentiel et la situation, le sujet va mobiliser soit les ressources incarnées, incorporées, soit s'appuyer sur les ressources présentes dans l'environnement. Ce qui conduit à considérer ce système distribué ouvert doublement : ouvert au vécu passé du sujet, et ouvert aux contingences environnementales. Nous avançons dans cette perspective que c'est l'existence même d'une congruence qui entraîne une distribution fonctionnelle entre le sujet et un système cognitif et culturel. Le phénomène de congruence est ainsi indissociable de la notion de système : deux entités ou plus congruentes entre elles *font* système. A la suite de Stoffregen (2003), nous considérons que la congruence, comme propriété du système sujets-situation, est une « primitive ontologique » (pour nous, une ontologie relationnelle). Une fois que les éléments de ce réseau forment un système fonctionnel, il s'agit de vérifier par la suite le niveau de congruence entre ces éléments, et ce que cela produit en termes de modifications de part et d'autre (couplés structurellement, autant au sein du sujet que du reste du système).

4.2. Une configuration ascendante de dispositions plurielles : vers des référentiels externes généraux

Une perspective contextualisée des dispositions individuelles, comme stock de modèles, considère qu'elles s'actualisent ou se mettent en veille (Lahire, 2006) en fonction des situations. Nous proposons que cette « mise en veille » renvoie à trois phénomènes distincts : à un phénomène psychosocial, à un phénomène perceptif, et à un phénomène cognitif, respectivement. D'abord, cela renvoie au *disattending* (Goffman, 1974), qui correspond à la sélection inconsciente dans une situation sociale des éléments sociaux qui ne participent pas à définir le cadre social (*frame*). Ensuite, cette « mise en veille », peut correspondre au phénomène de discrimination perceptuelle et active (Bruner, 1957). Enfin, elle peut faire référence également à l'inhibition cognitive consciente que le sujet peut mettre en place afin de « penser contre lui-même » (Houdé, 2019). Quant au conflit potentiel, notamment induit par des dispositions contradictoires entre elles, cette contradiction se révélant en situation, il pourrait constituer une conséquence du phénomène d'incongruence entre une situation et les caractéristiques du référentiel interne du sujet. La contingence des contextes de vie peut ainsi

rendre obsolètes, ou incongrues certaines dispositions incorporées (Muller, 2014 et Giger et Rouve-Llorca, 2014 évoquent à ce propos les « schèmes d'expériences »¹⁷³ qui sont confrontées à des tâches et activités). C'est d'ailleurs pourquoi une disposition n'est disposition (elle nous dispose à agir), qu'en tant qu'elle s'actualise et mise à l'épreuve des situations¹⁷⁴.

Le concept de disposition « absorbe » les effets de ces contingences, et comprend ainsi la possibilité que les individus incorporent des modèles d'action différents, mais aussi potentiellement contradictoires entre eux (Lahire, 2014). Les dispositions sont incorporées et plurielles (cf. la multiplicité de schèmes d'action ou d'habitudes), et constituent une sorte de « stock de modèles, plus ou moins étendu selon les personnes, [qui] s'organise[nt] en répertoires, que l'individu activera en fonction de la situation » (Lahire, 2014, p. 81). Ce patrimoine individuel de dispositions mobilisables en fonction des contextes d'action (Lahire, 2011) correspond au référentiel interne mentionné par nous. Ce dernier doit être vu dans une approche sociologique relationnelle (Elias, 1973/2003), ce qui permet d'étudier les dynamiques des individus et des groupes non pas comme objets indépendants mais au contraire dans une logique de configuration intégrant la dépendance réciproque entre individus, groupes d'individus et contraintes liées aux situations.

Cette approche configurationnelle du couplage sujet-société (Elias, 1973/2003), est mobilisée dans les approches dispositionnalistes afin de coupler structurellement le *conatus* et la réflexivité des individus avec les contraintes du monde social (Lahire, 2006 ; Duvoux, 2022). Cette compatibilité épistémique des deux approches (configurationnelle et dispositionnaliste) avec une approche de la cognition individuelle comme ancrée dans les conditions sociomatérielles de son émergence trouve également une extension avec l'approche incarnée de la cognition. L'approche configurationnelle abordant la relation sujet-environnement comme un tout, Elias (1973/2003) rejette explicitement une compréhension de la rationalité et des affects comme des antipodes, à la manière du monisme spinoziste, tout en essayant simultanément d'illustrer l'interrelation entre la structure sociale et l'action au moyen d'exemples empiriques (Burchardt, 2018). Les individus couplés structurellement entre eux et avec les structures et situations sociales, « les actes volitionnels, plans et passions » (Burchardt,

¹⁷³ Par ailleurs, « c'est aussi la pensée spinoziste qui révèle l'importance de l'habitude conçue comme une disposition ancrée dans le corps et l'esprit » (Nicco-Kerivel, 2004).

¹⁷⁴ Il s'agit alors d'une dialectique entre transfert et mise en veille de ces dispositions, à mesure des situations et contextes sociaux, a contrario des habitus de Bourdieu, qui, selon Lahire, prenait « pour argent comptant l'idée de transférabilité ou de transposabilité et du caractère "généralisable" des schèmes ou des dispositions socialement constitués » (Lahire, 2001, p. 135).

2018, p. 228), ainsi que les normativités locales ainsi créées, génèrent via des dynamiques ascendantes les structures sociales et politiques (Burchardt, 2018) de systèmes normatifs plus vastes qu'eux, au niveau macrologique, et constituent par la suite des **référentiels externes généraux**. La congruence, comme phénomène sous-jacent au couplage structurel, est ainsi comprise dans cette configuration totalisante et strictement relationnelle.

4.3. *Dispositio seu conatus* : une approche située des dispositions individuelles

Les dispositions à agir font l'objet de transferts (Simons, 1999). Le transfert procède d'activités antérieures des apprenants pouvant être mobilisées comme ressources lors d'activités dans des situations nouvelles (Lobato, 2006). Le transfert en éducation est situé et enculturé (*embedded*) (Nogry, 2020) : l'« arrivée », cependant, doit faire sens pour l'apprenant, c'est-à-dire que le cadre doit être suffisamment signifiant pour lui permettre de mobiliser ses dispositions acquises à mesure des moments socioculturels (Engle, 2006, évoque le concept d'intercontextualité qui relie ces moments distaux entre eux). Ce cadrage (*framing*) culturel et social permettrait ainsi à une disposition de s'actualiser (ou non) lors d'un nouveau contexte : la congruence culturelle et cognitive entre les dispositions individuelles (ou référentiel individuel dans un sens plus large) et la situation qui exige une action (une tâche sociale et cognitive) permet ce transfert. A contrario, certains contextes nous somment à « inhiber » certaines dispositions, car incongrues par rapport à la situation : il est donc bien un processus cognitif en jeu, et non plus seulement perceptif lié aux processus de socialisation^{175, 176}.

Dans le paradigme de la cognition temporellement distribuée, nous assistons à des effets de « longue portée », quel que soit le degré d'incongruence constatée ou ressentie par le sujet, les dispositions « objectivement inadaptées » à une situation ou un cadre continuant tout de même

¹⁷⁵ Le cas des transfuges de classe illustrent bien ce phénomène, où les individus sont « tiraillés », se retrouvent en tension entre leurs dispositions premières générées lors de leurs socialisations premières, les premiers moments et cadres sociaux, et les nouveaux contextes et cadres sociaux divergents culturellement dans lesquels ils se retrouvent (et inversement, ces nouvelles dispositions acquises seront pas la suite incongruentes lors de leur « pénible » « Retour à Reims », voir Eribon, 2009).

¹⁷⁶ À l'instar de Michel Dobry (1986, 2009) dans son approche de la *sociologie des crises politiques*, la dimension sociologique de notre approche se positionne à la limite d'une approche de la sociologie critique bourdieusienne, en même temps qu'elle se positionne contre celle-ci. A la limite parce que la dimension dispositionnelle de l'action n'est pas ontologiquement incompatible avec la théorie de l'habitus, et contre parce que l'habitus précisément « constitue le postulat d'une adéquation tendancielle parfaite, au sein des institutions, entre les dispositions des agents et les positions qu'ils occupent » (Lemieux, 2015, p. 72). Contrairement à l'habitus et à ses succédanés « hystérésiques », « rien n'autorise pour autant à [...] inférer que les dispositions ont, dans tous les cas, une pertinence égale ou une contribution uniforme dans l'engendrement des conduites et des perceptions » (Dobry, 2009, p. 264).

d'opérer (Lobry, 2009). Une approche dispositionnaliste de la cognition se concentre particulièrement sur l'opérabilité des dispositions (Lemieux, 2015)¹⁷⁷, voire leur interopérabilité. Le sujet agit avec ces dispositions (voire dans certains cas malgré elles, en négatif, comme de manière « apophatique ») au sein d'un environnement, d'une niche écologique, même si ces dispositions n'expliquent pas à elles seules cet agir. Contrairement donc à l'*habitus* qui est conçu par Bourdieu (1980) comme « quelque chose de puissamment générateur » (p. 134), les dispositions participent à l'action dans un processus d'inférence active et énaïve, et jouent le rôle de filtre perceptif. Elles sont indispensables dans le schéma compréhensif de l'action individuelle, mais doivent être étudiées à l'aune des possibilités offertes par l'environnement : nous pourrions alors évoquer **une approche située des dispositions individuelles**. Et si elle ne s'actualise qu'en situation, alors **une disposition est ontologiquement une projection**¹⁷⁸. Elle réfère à cet élan vital d'extériorisation de l'organisme vers le monde. La disposition, c'est-à-dire le *conatus* (*dispositio seu conatus*), revêt bien sociologiquement cette dimension dynamique spécifique.

Toutefois, d'après Carré (2018, citant Fenouillet, 2012), « l'intérêt individuel (dispositionnel), plus profond et ancré dans des motivations personnelles durables, prend [...] le pas sur l'intérêt situationnel (lié aux événements du contexte), généralement plus éphémère et superficiel » (p. 6). C'est pourquoi nous ne confondons guère entre la notion de dispositions (ou d'intérêts) situationnelles, et une approche située des dispositions. Cette dernière, telle que nous l'entendons, ne relève pas d'un intérêt ponctuel pour une tâche, suscité de manière singulière, dans lequel le sujet trouverait un bénéfice particulier. Elle relève plutôt d'un processus relationnel, entre des dispositions ancrées, en tant que « social incorporé » (Lahire, 2006, p. 61), et ce que la structure socioculturelle et matérielle de la situation offre au sujet. Il s'agit alors de vérifier dans quelles mesures une situation d'apprentissage, avec ses spécificités culturelles, sociomatérielles, serait congruente avec ces dispositions, au sens où elle les révèle

¹⁷⁷ Ces conjonctures [de congruence] apparaissent davantage contingentes que la rigidité apparente du système de champs de Bourdieu, contingence qui laisserait davantage d'espace aux individus pour agir à l'intérieur des champs de force, ces derniers étant pris dans la tension entre les dispositions individuelles (ouvertes par conséquent aux hypothèses de la planification individuelle et de l'inférence active), et les logiques culturelles normatives propres aux situations. En ce sens, notre approche dispositionnaliste ne conçoit pas les habitudes, traits culturels incorporés, comme mécaniquement génératrices de pratiques : les dispositions sont dispositions en ce qu'elles s'actualisent (ou non) en situation.

¹⁷⁸ C'est d'ailleurs en ce sens qu'elle possède un caractère plus « dynamique » que les *habitus*, étant continuellement en interaction avec l'environnement, et sensible aux niches écologiques, du point de vue social : nous comprenons mieux pourquoi les dispositions sont majoritairement dissonantes, par rapport aux pratiques culturelles légitimes, que consonnantes (Lahire, 2006).

et les actualise¹⁷⁹ : précisément parce que « les mécanismes attentionnels endogènes (liés aux projets, intérêts et préoccupations des sujets) seront plus susceptibles d'entrer en action de manière efficace et soutenue que ceux liés à l'attention exogène » (Carré, 2018, p. 7).

Une approche située des dispositions individuelles nous conduit à analyser les dispositions des éléments d'un système cognitif en lien avec les opportunités offertes par l'environnement immédiat (en sens d'Eleanor Gibson, 1979). En effet, ces éléments fonctionnels d'un système possèdent de manière générale des « propriétés dispositionnelles » (Turvey et al., 1981) (plus précisément, les dispositions environnementales sont des affordances, alors que celles des acteurs possèdent des effectivités [*effectivities*] Chemero, 2022). Toutes deux en interaction, affordances de l'environnement, comme disponibilités locales, et effectivités des individus, peuvent être analysées en termes de congruence et de ce que produit celle-ci (agir et apprentissage individuels)¹⁸⁰. Comme pour la *perception readiness* (Bruner, 1957), il s'agit d'être « prêt à » (*to be ready to*) (agir, percevoir, etc.), autrement dit d'« être disposé à ». C'est pourquoi « l'information écologique » (Golonka et Wilson, 2019) (l'information directement lisible à partir de l'appareil sensoriel du sujet engagé avec son environnement) ne peut suffire à expliquer les perceptions différentielles entre les individus, et que l'existence d'un référentiel interne supposerait de considérer que la perception des disponibilités environnementales locales peut, en tant que référentiel externe, dans certains cas, être dépendante d'inférences actives et de modèles internes au sujet.

5. Le *delta* de congruence : une approche culturelle développementale

5.1. Le *delta* de congruence et effets sur la perception et l'inférence

Malgré les critiques qui peuvent être adressées aux approches dispositionnalistes en sociologie¹⁸¹, ces dernières prennent en compte l'existence possible des *deltas* en situation, qui donnent aux sujets la liberté de s'investir dans cet écart compris comme un espace symbolique de conduite de l'activité produit par la relation sujets-situations. Cela est en ce sens que

¹⁷⁹ Lahire (2013) dira : elle les « déplie ».

¹⁸⁰ Si elles interagissent entre elles, il reste nécessaire de distinguer la notion de dispositions de celle des effectivités : les premières s'actualisent en situation (selon les possibilités offertes conjointement par l'environnement et le sujet), alors que les secondes relèvent de propriétés des objets, qu'elles soient perceptibles via observation directe ou de manière assistée » (Turvey et al., 1981).

¹⁸¹ Voir par exemple Boltanski (1990) qui voit les dispositions comme des déterminants « une fois pour toute » de l'action humaine dans toute situation et qui sont « inscrites de façons irréversibles dans les agents et dans leurs habitudes corporelles » (p. 69)

nous proposons d'étudier le *delta* de congruence.

Pour Suchman (1987), reprenant Mead (1934), il existe deux genres d'activité, dont un qui est « essentiellement situé et qui relève d'improvisations *ad-hoc* » (Suchman, 1987, p. 51). Pour Mead, le deuxième genre d'activité est dérivé du premier, sous forme de réification rétrospective de l'action située (une reconstruction de l'expérience), en tant que plan pour de futures activités ; ce deuxième genre d'activité agissant comme un référentiel internalisé, sous forme de plan, pour les actions futures. Nous proposons que ce plan puisse agir à distance de temps (comme constituant d'un **référentiel interne général**), mais aussi agir à proximité temporelle de l'action comme préparation mentale à celle-ci (comme constituant d'un **référentiel interne local**, comme ressource se tenant du côté du sujet et participant à réguler son activité, Hutchins, 1995). Hauw (2018), dans le cas de la préparation sportive, évoque qu'une approche énative de la performance sportive, donc « intégrant actions, perceptions, cognitions ou encore émotions » (p. 57), peut aider au modelage d'une activité compatible avec la recherche de la performance « ici et maintenant » (référentiel interne local), mais aussi pour plus tard (référentiel interne général, donc constitutif de futures dispositions). Pour Suchman (1987), si les plans forment une ressource pour l'action située, une manière schématique de l'anticiper, ils ne déterminent pas complètement l'orientation de cette action, mais fournissent assez d'informations pour pouvoir guider le sujet en action et sa pratique incarnée, tout en actualisant ce plan pour de futures actions, à mesure des ajustements opérés en direct en fonction des contingences situationnelles. Ce faisant, l'action reste résolument située : les plans ne sont jamais complètement substituables à l'action, et plutôt que de constituer un mécanisme générateur de l'action, relèvent d'un artefact de notre raisonnement sur l'action (Suchman, 1987). Par ailleurs, pour une pédagogie active et générative¹⁸² (Fiorella et Mayer, 2015), cette propriété d'incomplétude du plan est nécessaire pour laisser cours aux contingences situationnelles d'être intégrées et prises en compte en direct par le sujet lors du cours de son action (Chaker et Njingang, en révision). Autrement dit, un certain *delta* est nécessaire entre l'anticipé et le réel, comme écart de congruence fertile pour l'apprentissage : en fonction du type de la tâche, il est nécessaire de produire un effort cognitif pour apprendre, le tout en lien

¹⁸² D'après Fiorella et Mayer (2015), « apprendre en énantant [enacting] est [...] conforme à la théorie de l'apprentissage génératif, car cela aide les apprenants à utiliser leurs connaissances antérieures pour relier des concepts abstraits à des objets concrets et des actions, leur permettant ainsi de construire une représentation mentale plus significative du matériel » (p. 730). Ces méthodes renvoient aux gestes et manipulations physiques, en lien avec la théorie de la cognition incarnée, comme vu dans la **Partie II.4.3**, p. 87).

avec les connaissances antérieures (*effortful retrieving*, Wittrock, 1992¹⁸³).

L'action située peut ainsi conduire à l'apprentissage, en tant que configuration (Elias, 1973/2003), ou réorganisation cognitive dans un système complexe (Hutchins, 1995), si les conditions du couplage cognitif et sociomatériel sont réunies. L'hypothèse de la perception directe, outre son acception originelle dans une approche écologique de la psychologie, permet également d'expliquer l'apprentissage, dans une visée sociologisante, puisque prenant en compte le vécu des sujets mais aussi l'environnement dans ses dimensions socioculturelles. Les sujets, en fonction de leurs expériences passées et de leur niveau d'expertise dans un domaine (E. Gibson, 2000), investissent la tâche, en situation de congruence importante (*delta* faible). Ils mobilisent dans cette perspective leurs ressources internes incorporées, de manière plus ou moins explicite ou consciente. Le corps situé participe de cet apprentissage comme premier référentiel. En situation de congruence faible (*delta* important), ils mobilisent leurs ressources aussi bien internes qu'externes : les disponibilités locales, en tant qu'aides externes, agissent comme référentiel externe au sujet, ce dernier inférant de manière active lors de son action épistémique ou pragmatique (voir Figure 13 ci-dessous). Les sujets apprennent alors « **pour-l'action** ». Cet apprentissage est situé, incarné et ancré : ces conditions constituent les caractéristiques de sa cognition, qui constituent par la suite les conditions sociomatérielles des moments socioculturels futurs. Nous pouvons schématiser ces propositions de la manière suivante :

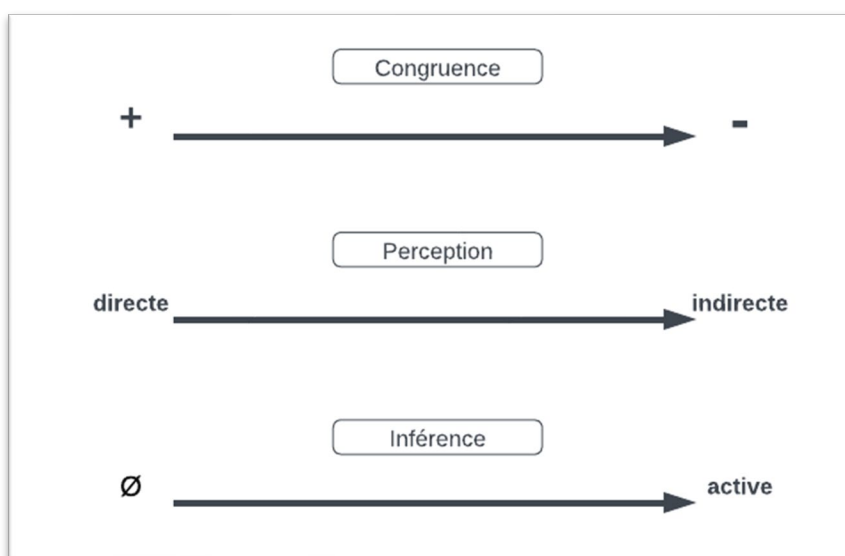


Figure 13. Modélisation des dynamiques en jeu corollaires de la cognition distribuée temporellement.

¹⁸³ Le modèle génératif de l'apprentissage de Wittrock (1974) repose sur l'hypothèse selon laquelle les apprenants « génèrent des perceptions et des significations qui sont **cohérentes** avec leurs connaissances antérieures » (Wittrock, 1974, p. 88, cité par Fiorella et Mayer, 2015, p. 718).

Plus précisément, l'individu en situation perçoit les stimuli et les objets socioculturels de l'environnement plus ou moins directement, et différemment, en fonction de ses filtres perceptifs, c'est-à-dire en fonction de ses attentes et dispositions à percevoir. Le phénomène de congruence vise à renseigner comment, lorsque l'écart entre ces dispositions et la situation est faible, la perception est directe, et conduit ainsi le sujet à moins inférer de manière active quant à son action. Dans cette logique, lorsque l'incongruence est importante, cette inférence aurait tendance à devenir cognitive et donc impliquer un coût pour le sujet (nous verrons dans la méthodologie **Partie IV**, p. 175, comment identifier le delta de congruence).

La littérature scientifique étudiant le rôle de la mémoire de travail dans la conception d'environnements numériques et l'apprentissage (Ayes, 2006 ; Puma et Tricot, 2021), permet d'avancer que cette charge cognitive, utile (*germane*) pour le sujet qui apprend, est induite par le *delta* de congruence et constitue un seuil d'efficacité situationnelle pour le sujet¹⁸⁴. Dans le cas d'une charge cognitive pertinente trop faible, la dimension développementale de la situation serait minimale (une forte congruence n'impliquant ni déséquilibre ni besoin de retour à l'équilibre, ni effort important de minimisation de l'énergie libre). Une charge cognitive trop importante ne permettrait pas de mobiliser de manière fluide ses dispositions, ni de mobiliser dans l'environnement les ressources qui permettent de réaliser la tâche : ici, le sujet est dans une situation (sociale et culturelle) trop éloignée de son référentiel interne, autrement dit dans un *delta* de congruence trop important¹⁸⁵.

¹⁸⁴ La charge cognitive essentielle n'est pas une charge indépendante des charges intrinsèque et extrinsèque, mais agit comme une ressource pour le sujet. Elle relève davantage des propriétés de ce dernier (ses dispositions, comme son niveau d'expertise dans un domaine, par exemple) que des propriétés de l'environnement d'apprentissage : « contrairement à l'accent mis par la charge cognitive intrinsèque et extrinsèque sur les caractéristiques du matériel [les éléments pédagogiques en présence], la charge cognitive utile ne concerne que les caractéristiques de l'apprenant. Elle fait référence aux ressources de la mémoire de travail que l'apprenant consacre à traiter la charge cognitive intrinsèque associée à l'information » (Sweller, 2010, p. 126). En dessous de ce seuil, la charge cognitive est trop peu importante pour favoriser l'apprentissage, et si la charge est trop forte (charges cognitives intrinsèque et extrinsèque), cela détériore l'apprentissage.

¹⁸⁵ Les résultats de recherches tendent à aller dans le sens de nos propositions : Greenberg et Zheng (2022) trouvent dans leurs expérimentations que l'activité mentale fertile à l'apprentissage pourrait être liée aux ressources cognitives de la mémoire de travail, qui reflète la relation entre la difficulté du contenu et la capacité de la mémoire de travail (Kalyuga, 2011), plutôt que d'être une charge cognitive – fertile – indépendante. Les résultats montrent que les apprenants disposant de plus de ressources de mémoire de travail peuvent gérer une charge intrinsèque élevée tout en ayant encore des ressources disponibles pour l'apprentissage, ce qui suggère que l'activité mentale exigeante peut être déterminée par les ressources pertinentes (*germane*) dans la mémoire de travail plutôt que par la charge pertinente elle-même. Ainsi, si l'apprentissage est davantage lié aux ressources cognitives plutôt qu'à l'effort supplémentaire fourni lui-même lié à la tâche (donc la charge cognitive serait davantage liée au sujet plutôt qu'à la tâche), alors le référentiel interne du sujet peut contribuer à déterminer, selon la congruence de la situation, la disponibilité des ressources cognitives essentielles à la tâche.

5.2. Dans le *delta* de congruence : une co-émergence épistémique et pragmatique entre les référentiels internes et les offres de l'environnement

Comment agit le sujet en fonction de la congruence entre son référentiel interne et la situation avec laquelle il est couplé ? Cette congruence, qui offre des possibilités au sujet, est énoncée par lui. J'ai proposé l'existence non pas d'un monde interne « pré-donné » et désincarné, mais celle d'un référentiel interne, incorporé et porteur de nos expériences passées (Lakoff et Johnson, 1999). Ce référentiel interne constitue « une sorte d'infrarationalité fonctionnelle qui guiderait en sous-main les pensées et les comportements » (Sperber, 1997, cité par Pharo, 2011, p. 305). Proposer une articulation entre ressources et offres de l'environnement (via le cadre théorique de l'intentionnalité qualifiée, Bruineberg et Rietveld, 2014) et référentiel interne, met en évidence la **complémentarité entre les concepts d'affordance et d'inférence active**. L'inférence active est un corollaire du principe de l'énergie libre : cela signifie qu'il existe plusieurs manières de comprendre le comportement conscient de systèmes autoorganisés (Parr et Friston, 2019)¹⁸⁶.

Pour agir dans une situation incongruente, je peux soit modifier mon état d'information, soit modifier l'espace du problème lui-même pour améliorer mes chances de succès dans une entreprise ou pour la résolution d'un problème (Clark, 2022), pour réduire « l'écart entre [mon] état actuel et [mon] objectif » (p. 3). Ces inférences actives vont contribuer à minimiser la surprise (qui entraîne des coûts physiologiques et cognitifs) de deux manières :

- 1) Je peux choisir des actions qui vont résoudre mon incertitude à propos des événements du monde via la « recherche épistémique » (Friston, 2022) dans mon environnement, autrement dit d'« affordances épistémiques », qui reflètent mes croyances actuelles. Ce qui peut induire la reproduction d'erreurs, via les biais de confirmation, ces erreurs se propageant dans le système (Hutchins, 1991, 1995 ; Dillenbourg et Self, 1992). Cette recherche peut se faire visuellement de manière active (Friston, 2012), afin de résoudre

¹⁸⁶ Autrement dit, si je prédis qu'un corps va réagir d'une certaine manière, et que les réflexes moteurs de ce corps réalisent cette prédiction, alors je peux activement supprimer les erreurs de prédiction de manière rapide et efficace (Friston, 2022) et par ce biais consolider ce modèle, comme produisant des résultats efficaces (non surprenants et conformes aux attentes). Le cas échéant, ce qui ne peut être supprimé par l'action (en termes d'erreurs de prédiction, les hypothèses éliminées), peut être modifié en changeant moi-même le sens que je donne aux choses dans le monde. Cela renvoie aux modifications possibles afin de résoudre les inconsistances ou dissonances cognitives : soit je modifie quelque chose dans mon comportement afin de revenir à un état consistant, soit j'altère mon interprétation de la situation.

les incertitudes relatives à une scène visuelle générant des *inputs* sensoriels (Friston, 2022).

- 2) Je peux activement sélectionner les actions qui vont minimiser la surprise, par exemple pour maintenir mes sensations introspectives à l'intérieur de limites homéostatiques et éviter les résultats nuisibles (Friston, 2022). Je vais donc rechercher des « affordances pragmatiques » qui assurent le résultat le moins surprenant possible et familier (ou consistant avec mes modèles internes)¹⁸⁷.

Dans le principe d'inférence active, l'affordance est un attribut du plan ou du cours d'action située (Bruineberg et Rietveld, 2014 ; Veissiere et al., 2019), et ne peut donc être séparée de l'action en tant que telle. Le couplage signifiant entre le sujet et les offres de l'environnement serait alors le produit d'une co-émergence sensori-motrice (via une architecture neuronale), donc dans l'organisme, et perceptive, à partir des objets saillants de l'environnement qui font sens (*sense-makers*). Cette co-émergence est dynamique (Thompson, 2007) : la partie et le tout co-émergent et se spécifient mutuellement, de manière structurelle. Dans une dynamique énéactiviste, chaque émergence rend ainsi l'autre signifiante. Il s'agit d'un **rapport métonymique entre les offres de l'environnement et la niche écologique** : parmi les disponibilités locales, l'objet saillant (la partie), rend le cadre (le tout) signifiant, et inversement, dans un processus de couplage perceptif et cognitif énéactif continu avec les sujets en coordination insérés dans cet environnement, plus précisément avec leurs schèmes modaux. Dans cette perspective, en reconnaissant l'importance de la co-émergence dynamique dans une perspective énéactiviste, ce phénomène est rendu possible par un processus relationnel par lequel « l'individuation ou la catégorisation d'un composant/processus est déterminée, en partie, par le tout auquel il participe » (Lee, 2023, p. 19). Ce *framing* (cf. **Partie II.5.1, p. 99**), autrement dit cette reconnaissance perceptive du cadre social signifiant, est sous-tendu par un processus socioculturel et cognitif offrant aux sujets des possibilités d'action conjointes, mais aussi leur opposer des contraintes en délimitant l'espace du problème (des « bornes », *i.e.* une normativité socioculturelle, Simonian, 2019 ; Heras-Escribano, 2022).

¹⁸⁷ Ainsi, le comportement planifié peut être vu comme une réponse aux affordances épistémiques et pragmatiques, de manière conjointe. Pour Friston et collègues (2015), lorsque situés dans un nouvel environnement, les affordances épistémiques prédominent jusqu'à ce que l'incertitude soit résolue, laissant les affordances pragmatiques survenir. Dans cette logique, l'affordance serait « au cœur d'un comportement » sensoriel, en tant que ce comportement est le résultat d'une volonté de choisir les actions dont les résultats ou les états conséquents relèvent de la résolution active des incertitudes présentes dans l'environnement (Friston, 2022).

5.3. Le principe de l'énergie libre dans l'écart entre la prédiction (le départ) et la réalité (l'arrivée)

Nous avançons que l'énergie libre, c'est-à-dire la surprise que le sujet cherche à minimiser, se situe dans ce *delta* de congruence entre l'attendu et le réel, ou, comme nous l'avons vu avec l'action située ou le modèle InfoRL, entre un plan et les résultats potentiels, qui vont produire différents niveaux d'incertitude. Par définition, ce *delta* de congruence devrait produire pour le sujet, et son cerveau prédictif (dont le fonctionnement de base est de minimiser l'erreur de prédiction à long terme, Clark, 2016) une situation où il doit faire preuve d'imagination, de création, d'innovation, d'improvisation, autrement dit, mettre en place des stratégies qui vont mobiliser ses ressources internes et celles présentes dans l'environnement (de manière épistémique et pragmatique), afin d'atteindre ses buts et de résoudre les problèmes qu'il va rencontrer. Cette recherche de réponses créatives réfère à une énergie potentielle et un état structurel du sujet, résultants des expériences passées (Roublot, 2009). Cette énergie se retrouverait ainsi « libérée » en situation, lorsque l'écart entre les états dispositionnels du sujet et les possibilités offertes et perçues de l'environnement, le conduisent à les actualiser, à agir, la création et l'inventivité des pratiques prenant tout leur sens situé.

Cette proposition théorique suppose que la perception est formalisée en tant qu'elle infère les croyances les plus probables à propos de ce qui a causé les données sensorielles *on-line*, en prenant en compte ce que l'on connaît des processus causaux (les modèles internalisés), comme si l'on « testait des hypothèses » (Ramstead, 2022, p. 198). Les normes socioculturelles nous conduisent à rechercher certaines affordances qui sont pertinentes en termes de rapports déontiques (elles peuvent attirer notre attention), et, dans un but économique d'un point de vue énergétique, à rester « aveugle » (ou *to disattend*, Goffman, 1974) à celles non pertinentes pour le cours d'action. Estimer quels cours d'actions et règles (*policies*) résolvent le mieux les incertitudes clés, participe à réduire la distance entre nos « prédictions optimistes » (Van de Cruys, Friston et Clark, 2020) et la réalité actuelle (Clark, 2022).

5.4. Le *delta* de congruence et la cognition socialement distribuée : une zone proximale de développement ?

L'existence d'un *delta* de congruence peut être vérifié de manière plus ou moins systématique : par la méthode apophatique, nous pourrions tenter l'expérience de penser un monde dans lequel nous nous retrouverions sans cesse en situation de congruence parfaite dans le cadre de notre

couplage structurel entre notre référentiel interne et les situations. Une homéostasie constante corporelle, culturelle, et cognitive aurait pour conséquence de limiter nos besoins d'apprentissage et, donc, de réduire le développement de la pensée. Le principe même d'énactivité suppose qu'aucune situation n'est entièrement satisfaisante : par ce biais, nous « construisons » l'interprétation sémiotique du réel en lui donnant sens.

La congruence, dans notre proposition scientifique, suppose une dialectique entre référentiel et situation, entre processus d'internalisation et d'externalisation. Cet écart implique une sorte de processus général d'équilibration majorante, une **homéorhésie** (Waddington, 1957/2014), compris comme un processus de propagation des états représentationnels de la cognition (Hutchins, 1995). Des faisceaux d'indices au sein de la théorie socioconstructiviste de Vygotsky (1978) apportent un écho à cette perspective interactionniste intégrant les sujets, l'environnement et les autres êtres sociaux dans un couplage structurel *on-line* mais aussi *off-line* (Wilson, 2002). Selon Lave et Wenger (1991), le concept d'internalisation subsumé par la théorie de la zone proximale de développement (ZPD) chez Vygotsky (1978) bénéficie d'interprétations différentes ayant en commun de décrire une modalité spécifique de distance entre une situation initiale, ou l'état initial de l'apprenant, et les conditions socio-environnementales caractérisant la situation qui va permettre l'apprentissage. Vygotsky définit en effet lui-même la ZPD selon une approche mettant l'accent sur la distance qui reste à parcourir entre d'une part l'état du sujet à un moment donné, et, d'autre part, les exigences cognitives exigées par la série de tâches constitutives d'une situation. Nous reprenons à notre compte deux interprétations différentes de la ZPD, comprises dans la définition du *delta* de congruence, selon autant d'acceptions différentes (cf. les deux sous-sections ci-après).

5.4.1. Delta de congruence : zone interpsychique et « gain » culturo-cognitif (micro – méso)

La ZPD constitue un espace interpsychique investi par les membres d'une équipe. Autrement dit, l'intervention d'autrui dans le processus d'apprentissage agit comme un échafaudage (Bruner, 1986), qui va permettre progressivement au sujet d'agir seul. Il y aurait ainsi une internalisation progressive, du dehors (environnement) vers le dedans (individu), mais aussi du dedans vers le dehors puisque l'acte d'apprendre nécessite l'externalisation (collective) des connaissances en vue d'être intégrées par autrui. La distribution sociale de la cognition intègre la dimension étendue de cette cognition : la réalité immédiate pour les sujets se trouve dans les zones d'externalisation de la cognition de chaque individu situé, qui est elle-même le produit d'internalisations distribuées temporellement, de cognitions passées. L'expertise de chaque

sujet est mise au service du collectif, chacun agissant fonctionnellement comme une propriété de l'environnement : le système des sujets agit comme un tout signifiant autant pour chaque individu pris séparément que pour le groupe qu'ils constituent au moment d'une tâche. Chacun devenant une ressource cognitive et culturelle pour le groupe, les sujets agissent alors comme une disponibilité locale (ici, socioculturelle), pour l'action des autres sujets. Chaque sujet d'un système distribué fonctionnel, se révèle, durant le travail cognitif, comme une propriété culturelle du groupe. Partant, cette propriété d'un système fonctionnel révèle également, *de facto*, une congruence cognitive entre chaque sujet et le reste du groupe.

Dans cette perspective, les travaux sur l'intelligence collective (Lévy, 2013) visent à comprendre comment la réunion d'individus au sein d'un groupe permet de produire des solutions qui dépassent celles qui seraient produites individuellement (Woolley et al., 2010)¹⁸⁸, autrement dit produisant une sorte de « gain », ou de « bonus » ne pouvant exister autrement que dans cette configuration sociale. Cet « effet bonus » (Collins et Guetzkow, 1964)¹⁸⁹ réfère à l'amélioration de la performance collective d'un groupe par rapport à la somme des performances individuelles de ses membres¹⁹⁰. Il paraît alors pertinent, pour étudier les phénomènes d'apprentissage au sein des groupes, non pas d'observer le comportement ou les caractéristiques cognitives de chaque membre pris séparément, mais ensemble dans leur couplage structurel avec le groupe qu'ils constituent, comme unité d'analyse. Si, comme le suggèrent nombres d'études empiriques et de théorisations sur la distribution socio-cognitive

¹⁸⁸ L'étude de Woolley et al. (2010), montre par exemple que l'intelligence collective d'un groupe ne dépend pas de la moyenne des intelligences individuelles qui le composent ou de la présence d'une personne particulièrement douée au sein du groupe, mais plutôt de facteurs structuraux tels que la distribution de la parole (voir le lien avec les statuts et positions sociales des membres au sein d'un groupe, en **III.3.3**). Ils nomment facteur *c*, l'indicateur d'intelligence collective, correspondant à l'habileté d'un groupe d'exécuter avec succès un certain nombre de tâches cognitives. Ils mettent empiriquement en évidence que ce facteur *c* est faiblement corrélé à l'intelligence mesurée de chaque membre du groupe pris séparément. Il s'agit d'une étude mettant en évidence la valeur ajoutée générée ontologiquement par la distribution cognitive efficace de tâches au sein d'un réseau d'individus. Nous estimons que ce delta relève de processus culturels interpsychiques, que les individus mobilisent dans le cadre des tâches. D'un point de vue historique, l'étude de DeSilva et al. (2021) suggère que l'augmentation rapide de la complexité socioculturelle lors de l'Holocène n'était pas due à des individus particuliers devenant plus intelligents et plus compétents culturellement, mais à l'émergence d'une intelligence collective résultant de l'augmentation de la population d'humains interconnectés et de groupes humains en interaction.

¹⁸⁹ L'effet d'assemblage bonus a fait l'objet de critiques en psychologie, soutenant qu'un groupe ne se comportera, au mieux, qu'aussi bien que la somme de ses parties. A ce titre, Propp (2006) soutient que « le manque de preuves soutenant l'effet d'assemblage bonus peut être dû, au moins en partie, à une incapacité à conceptualiser et à opérationnaliser le rôle de la communication de manière appropriée. Les chercheurs dans notre domaine devraient continuer à étudier les gains de processus ou l'effet d'assemblage bonus d'un point de vue de la communication, car nous avons quelque chose à apporter au débat qui a été négligé jusqu'à présent » (p. 600). En effet, les critiques associées ne prenaient pas en compte la structure distribuée de la cognition d'un point de culturel, c'est là tout l'enjeu d'un travail comme le nôtre.

¹⁹⁰ Il existe des preuves à la fois d'effets spécifiques à la tâche (Laughlin et al., 2006) et d'un effet général structural d'intelligence collective (Woolley et al., 2010).

au sein des groupes, le fait que le groupe lui-même constitue une unité cognitive génératrice de connaissances dépassant la somme des connaissances présentes dans la tête de chaque membre du groupe, alors il existe un « gain cognitif », qui constitue ce différentiel. Ce gain cognitif partagé est situé dans une communauté culturelle, ce qui le conduit à constituer un fait culturel (que nous pourrions nommer, dans une perspective anthropologique, un « gain culturel », partagé de manière active par chacun des membres du groupe lors du travail cognitif, puis internalisé individuellement).

Dans ce système, il existe une limite supérieure du nombre de membres d'un groupe de travail, comme un seuil déterminant pour son fonctionnement (Anzieu et Martin, 1968 ; Mucchielli, 1996 ; Kozlowski et Lecloux, 2019 ; Saqr, Nouri et Jormanainen, 2019), son développement et sa productivité (Wheelan, 2009)¹⁹¹. Selon le principe proposé de sur-distribution cognitive (cf. **Partie II.2.9.4**, p. 79), la taille affecte la communication au sein d'un groupe (Ellis et Fisher, 1994) : au plus un groupe est constitué de membres, au plus s'accroît la probabilité qu'apparaissent des problèmes de planification, de coordination et de communication. L'intérêt des petits groupes réside alors dans le fait de privilégier les discussions approfondies entre tous les membres. Toujours dans ce principe de sur-distribution, moins les membres du groupe sont experts dans la tâche assignée, plus le nombre de membres dans un groupe doit être réduit (Gillies, 2002). A contrario, si plus ils sont experts, plus il est possible d'augmenter le nombre de participants, alors cela est cohérent avec le fait que le coût cognitif total d'une tâche est effectivement distribué/partagé parmi eux, et diluer le coût cognitif de la tâche entraînerait alors soit une attrition de la charge cognitive utile (*germane*), soit l'appel aux ressources pertinentes internes aux sujets. Si le nombre optimal de membres est dépassé, alors les tâches et l'effort cognitifs seront sur-distribués, dilués, dans le groupe, parce que moins de travail cognitif essentiel à la construction des connaissances est produit individuellement, cet effort étant distribué sur un trop grand nombre d'individus. L'effort cognitif lié à la tâche est ainsi déchargé (*offloaded*) dans l'environnement social.

¹⁹¹ Parmi les facteurs psychosociaux impliqués, ce sont la cohésion, l'intimité (Bogart et Lundgren, 1974), la satisfaction (Steiner, 1972) qui baissent à mesure que la taille du groupe augmente, et surtout les individus participent moins (Diehl et Strobe, 1987). De manière générale, de nombreuses études établissent que les petits groupes sont plus efficaces et productifs que les grands groupes (Gist, Locke et Taylor, 1987 ; Laughlin, Hatch, Silver et Boh, 2006). Ce modèle est donc lui-même à situer dans un contexte de travail spécifique puisque le nombre *k* optimal de membres dans un groupe va dépendre : de la nature de la tâche (Littlepage et Silbiger, 1992), des caractéristiques des individus (Wheelan et McKeage, 1993), du domaine concerné, de l'environnement technique etc. Par exemple, Gillies (2002) a trouvé que dans une salle de classe, les groupes de quatre à cinq élèves fonctionnent généralement le mieux. Les groupes plus grands réduisent les possibilités de participation et certains membres peuvent devenir des observateurs passifs.

Comme nous l'avons souligné précédemment, une internalisation suppose conjointement une transformation du processus cognitif. Ce *delta* entre le collectif et le particulier, ce gain différentiel, est expliqué par les transformations dans les processus cognitifs induits par les processus d'internalisation déterminés en partie par « les différences entre les propriétés de traitement de l'information des esprits individuels par rapport à celles des systèmes de cognition socialement distribuée » (Hutchins, 1995, p. 284). Ce traitement différentiel procède du fait que les propriétés de traitement de l'information sont plus importantes au niveau collectif qu'au niveau individuel, puisqu'une plus grande quantité de traitement de l'information est permise par les systèmes cognitifs distribués socialement, ceux-ci pouvant traiter plusieurs activités parallèles à la fois (alors qu'*a contrario*, les individus sont contraints par les limites de leur mémoire de travail)¹⁹².

5.4.2. Delta de congruence : distance entre connaissances individuelles (micro) et contexte sociohistorique (macro)

La ZPD peut également être interprétée comme la distance entre les connaissances culturelles fournies par le contexte sociohistorique et l'expérience quotidienne des individus (Lave et Wenger, 1991). Il s'agit, dans cette acception, d'une « distance » entre les connaissances fournies par l'éducation formelle, et les connaissances actives, telles que possédées par les individus (Hedegaard, 1988). Vygotsky (1978) distingue entre les concepts scientifiques et les concepts de la vie quotidienne, et propose qu'un concept arrive à maturité lorsque ses versions scientifiques et quotidiennes parviennent à s'aligner.

Cette interprétation sociétale de la ZPD (Engeström, 1987) correspond à la distance entre les actions quotidiennes des individus et la forme historiquement nouvelle d'une activité, donc liée étroitement aux processus de transformation sociale. Cet écart entre le niveau individuel et celui de la collectivité, entre le niveau micro et le niveau macro, entraîne la genèse de pratiques et de cultures nouvelles, en transformant l'individu conjointement à son milieu. Le couplage structurel entre un sujet et son environnement intègre ainsi de fait une dimension que l'on pourrait qualifier de « conflictuelle », dans le sens où apparaît une distance entre les deux, qui

¹⁹² Il existe également une autre piste d'explication de ce différentiel entre le niveau groupal et individuel, qui est d'ordre perceptif et cognitif : le biais de confirmation. D'après Hutchins (1995), en fonction de la structure de l'organisation sociale d'un groupe, le biais de confirmation individuel peut soit être « neutralisé » au niveau collectif (donc menant à moins d'erreurs individuelles et collectives), soit être exacerbé (menant ainsi à plus d'erreurs, l'état représentationnel d'une information erronée pouvant par exemple se propager à l'intérieur du système) (voir Hutchins, 1995, pp. 239, 247, 252). Dans le cas où les effets des biais de confirmation sont minimisés au niveau collectif, alors cela peut entraîner un traitement cognitif différentiel entre les deux niveaux, et ainsi contribuer à transformer les processus cognitifs lors de leur internalisation.

va donner lieu à une réalité, ou une niche écologique, dans lesquelles les sujets vont se développer. Une tension structurelle (comme un conflit instrumental, Marquet, 2011), peut produire du sens : les technologies numériques imposent de nouvelles contraintes et conduisent à opérer à une modification épistémique de l'environnement sociotechnique de l'apprentissage, en enseignant et en apprenant « autre chose » (Marquet, 2011, par. 8)¹⁹³.

5.5. La culture, produit du *delta*

La distance entre l'attendu et le réel conduit chaque sujet, individuellement et collectivement, à produire, énoncer, à développer un comportement épistémique et/ou pragmatique afin de réduire cet écart. Cette production est culturelle, puisque produit de l'activité humaine qui se stabilise, normalise, codifie, puis s'approprie collectivement. Autrement dit, le *delta*, en un sens, « contraint » à l'activité, cette dernière étant génératrice de pratiques sociales situées, c'est-à-dire culturelles, dans une dialectique développementale (Lave et Wenger, 1991 ; Wenger, 1998).

Le corollaire de la théorie de l'esprit étendu (*extended mind*), comprise dans une approche énonciative, est qu'une partie de l'environnement humain (telle que la partie sociotechnique) est la réification des procès d'externalisation, comme un produit du dedans, la praxis humaine étant une manifestation des structures cognitives internes aux individus (Clark et Chalmers, 1998 ; Clark, 2019, 2022). C'est de cela que procède la culture : elle existe par un procès d'externalisation d'idées, de représentations (« pratiquement toutes les représentations externes sont produites par des pratiques culturelles » Hutchins, 2011, p. 440), d'actions sur le monde. Ainsi, la culture n'est pas seulement le produit du *delta* entre l'attendu et l'expérience, c'est son externalisation matérielle par la praxis humaine dans un environnement matériel, qui donne aussi lieu à des enregistrements de nos activités mentales sous forme d'« œuvres palpables » (Bruner, 2008, p. 40). De ce point de vue, la congruence est un processus dynamique qui rend visible notre travail cognitif (Hutchins, 1995), qui se manifeste par des pratiques culturelles qui ne relèvent ainsi pas de représentations mentales désincarnées du savoir (Hutchins, 2008), ou de son mode d'acquisition.

En tant que production humaine, les environnements numériques, comme produits de

¹⁹³ Pour illustrer ce lien entre contraintes structurelles et redéfinition épistémique, nous rappelons que les activités pédagogiques en réseau (Siemens, 2012 et Downes, 2008) se trouvent être réalisables uniquement dans un système réticulaire socio-numérique : c'est d'ailleurs l'existence même des réseaux sociaux numériques ou des plateformes numériques de socialisation, qui ont permis une redéfinition de l'approche pédagogique (le connectivisme), basée sur les interconnexions entre apprenants.

techniques, étaient nécessairement destinés à constituer une dimension de la culture humaine (Haudricourt, 1987 ; Suchman et al., 2017), et donc jouer le jeu du processus d'internalisation/externalisation dans une épaisseur temporelle : « l'environnement qui doit être exploité se compose presque entièrement de produits d'activités culturelles antérieures, dont une grande partie a été produite par des interventions environnementales orchestrées culturellement par soi-même ou par d'autres » (Hutchins, 2011, p. 442). La culture émerge de l'activité instrumentée des êtres humains dans leur contexte historique, alors que des structures mentales, matérielles et sociales interagissent. D'un autre côté, la culture, sous la forme d'une histoire d'artefacts matériels et de pratiques sociales, agit comme contrainte structurelle sur les processus cognitifs, en particulier les processus cognitifs distribués sur les agents, les artefacts et l'environnement (Hollan, Hutchins et Kirsh, 2000). Les pratiques culturelles sont des produits émergents de réseaux de contraintes, distribués dynamiques (Hutchins, 2011), voire le résidu de solutions à des problèmes (Hutchins, 1995). Dans cette logique ascendante, la culture façonne les processus cognitifs des systèmes (Hutchins, 1995). Certaines de ces contraintes peuvent être internes et mentales, certaines d'entre elles découlent des états corporels, et certaines contraintes sont sociomatérielles.

La congruence renverrait, selon nos propositions théoriques, à l'observation *in situ* de la genèse d'une culture locale, une culture pratique d'abord, qui devient une culture symbolique (valeurs, normes, etc.) à mesure de son internalisation, de son partage et de sa stabilisation locale par le consensus social. La dimension culturelle étant consubstantiellement sociale et collective, le référentiel interne d'un sujet est ainsi partagé socialement. Il est un construit collectif intersubjectif – en ce qui l'intègre les autres – et internalisé. Il intègre la subjectivité des autres, le monde tel que le conçoivent les autres, ce qui permet aux sujets d'inférer, en situation, la cognition des autres, et ainsi mobiliser, par l'action, le référentiel interne des autres. Sans cet aspect de distribution socio-temporelle et incrémentale de la cognition, « sans ce résidu d'activité antérieure, nous aurions tous à trouver des solutions à partir de rien » (Hollan, Hutchins et Kirsh, 2000, p. 178). Le développement humain est ancré, enculturé : ce que l'on nomme la culture constitue ainsi le résidu de processus cognitifs adaptatifs, chosifiés, qui accumulent de manière incrémentale « des solutions partielles à des problèmes fréquemment rencontrés » (Hutchins, 1995, p. 354).

6. Synthèse de la Partie III. Une inférence (én)active et un apprentissage situé à partir du *delta* de congruence entre référentiel et disponibilités : une approche hiérarchique distribuée et incarnée des situations d'apprentissage

En résumé, nous avons proposé dans cette **Partie III** plusieurs idées force :

- Les sujets situés sont couplés structurellement avec la situation : le système constitue l'unité d'analyse (Hutchins, 1995). Chacun des sujets constitue l'environnement sociomatériel des autres sujets, en tant qu'ils agissent comme des disponibilités locales les uns pour les autres (en tant que ressources sociales).
- Il existe des facteurs non locaux qui agissent sur les sujets situés en action : à partir du paradigme distribué de la cognition (Hutchins, 1995), l'approche de la distribution temporelle de la cognition constitue un paradigme permettant de comprendre ses propriétés projetées (Versace et al., 2018).
- A mesure de son vécu de moments socioculturels et cognitifs « expérimentés », l'individu constitue, de manière incorporée (Varela, Thompson et Rosch, 1993) (donc pas forcément de manière verbalisable) et incrémentale, un référentiel interne : la distribution temporelle de la cognition permet d'appréhender le développement des sujets dans un ou différents milieux culturels (Lave et Wenger, 1991). L'approche dispositionnaliste proposée notamment par Lahire (2001) permet d'unifier les « tendances », compétences, propriétés cognitives et culturelles de sujet sous le vocable de « disposition », en ce que cette dernière est incorporée et n'existe que par son actualisation en fonction des situations. Le référentiel interne comprend également, toujours dans un paradigme de cognition incarnée, les filtres perceptifs (Bruner, 1957), les schèmes sensori-moteurs modaux (Versace et al., 2017) et les modèles du monde incorporés (Friston, 2013 ; Clark, 2022) et constitués à mesure de l'expérience.
- Si l'hypothèse du référentiel interne était émise, alors une deuxième peut l'être à son tour : celle d'un déficit de congruence plus ou moins important entre ce référentiel et la situation couplant les sujets au sein d'un système cognitif distribué. Nous reprenons la dialectique entre plans et routines d'une part et action située d'autre part (Suchman, 1987), afin d'en proposer une compréhension à la lumière de la distribution temporelle de la cognition, aidés par le principe de zone proximale de développement chez

Vygotsky (1978). L'unité d'analyse constituée pourrait alors être qualitativement définie par ce *delta* de congruence, qui va permettre aux sujets de mobiliser soit leurs ressources ou disponibilités internes (le référentiel interne), soit celles présentes dans l'environnement (ce dernier constituant un référentiel externe *on-line*), dans la boucle perception-action.

- Par leur intentionnalité qualifiée (Rietveld et Kiverstein, 2014, 2022), les sujets investissent alors cet espace des possibles créé (le *delta* de congruence), par l'inférence active (Pezzulo, Rigoli et Friston, 2015 ; Clark, 2015), en traitant les affordances épistémiques et pragmatiques durant l'action (Friston, 2022). Cette inférence, en produisant du sens et une pratique située, serait alors énaïve (Ramstead, Kirchhoff et Friston, 2020), car en actualisation constante avec les événements du monde. Cette inférence est située « pour-l'action », avant d'être un produit de cette action. Elle est énaïve de l'organisme et constituerait alors une propriété de la cognition incarnée.
- Cette dynamique énaïviste suppose un rapport métonymique entre les offres de l'environnement et la niche écologique. Les éléments rendent la situation signifiante dans un processus de couplage perceptif et cognitif énaïf continu avec le sujet inséré dans cet environnement. La congruence constitue ainsi une co-émergence épistémique et pragmatique entre référentiel interne et offres de l'environnement. Le *delta* de congruence, par la genèse de pratiques situées lors de moments socioculturels, par l'action des sujets, participe à produire localement une culture, ou à renforcer une culture déjà existante, qui se stabilise, s'inscrit dans un milieu et est distribuée dans les sujets et les objets qui constituent celui-ci.
- Cet investissement du *delta* produit une charge cognitive utile (*germane*) de la part de chaque sujet dans le système cognitif distribué local : l'apprentissage est construit socialement et produit un « gain cognitif » pour le système distribué, partagé par chacun des membres du groupe, puis internalisé individuellement. Ce « gain cognitif » partagé collectivement participe de générer et de continuer une culture dans un milieu.
- Nous proposons ainsi une approche située des dispositions individuelles, en tant qu'elles sont actualisées en situation, et concourent à donner sens à celle-ci.

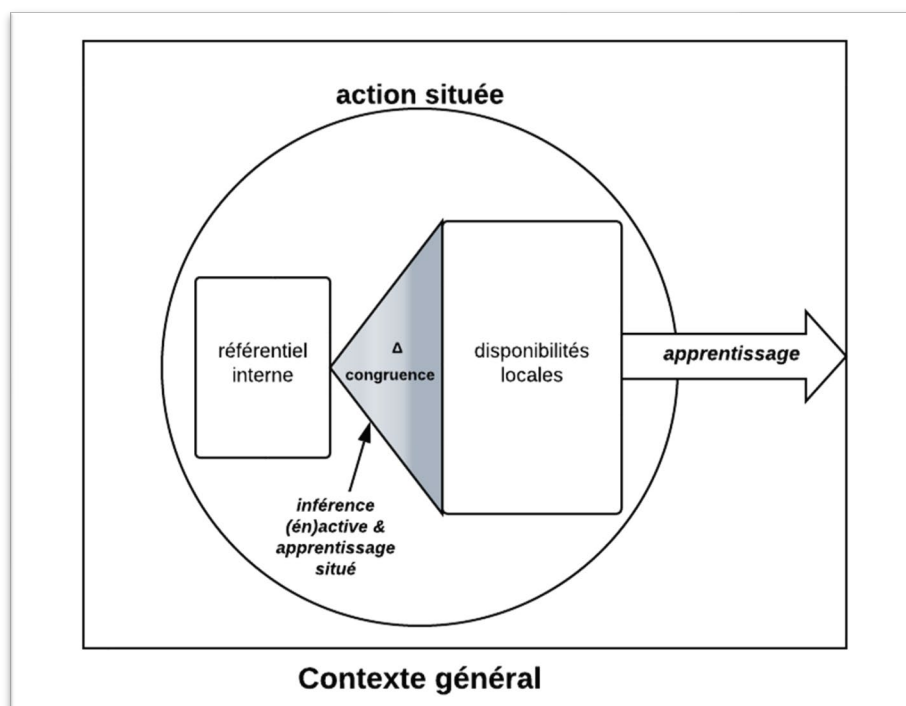


Figure 14. Le delta de congruence entre le référentiel interne et les disponibilités locales : une inférence (én)active et un apprentissage situé « pour-l'action », participant du développement des sujets.

Ce schéma (Figure 14) reprend l'ensemble de ces propositions : le *delta* de congruence est modélisé afin de représenter cet « espace des possibles » qui permet aux sujets de se développer en situation en déployant des stratégies cognitives qui mobilisent leur référentiel interne et s'appuient sur les disponibilités locales, dans leur développement.

Pour ce faire, nous retenons de ces idées la nécessité, pour analyser ce que font les sujets en situation d'apprentissage, d'adopter une approche écologique et hiérarchique du développement humain (Bronfenbrenner, 1979) tentant de prendre en compte les facteurs immédiats de l'action et de la perception, comme les facteurs distaux, c'est-à-dire non présents dans l'ici et maintenant mais exerçant des effets projetés, à partir d'un référentiel culturel normatif propre à une société. Ce projet implique une approche distribuée de la cognition, intégrant ces effets distaux, du niveau micro (individuel) jusqu'au niveau macro (socioculturel, contextuel plus large), traduits au niveau intermédiaire via les spécificités sociomatérielles de la situation (niveau méso). Cela revient *in fine* à se pencher sur la congruence effective entre ces différents niveaux, et les effets produits sur les processus cognitifs.

PARTIE IV. Propositions méthodologiques et perspectives de recherche : l'approche hiérarchique distribuée de la cognition

La synthèse de mes travaux jusqu'à présent (PARTIE I. Synthèse des travaux : approches sociologiques et cognitives pour comprendre les phénomènes éducatifs numériques, p. 7), notre synthèse théorique (PARTIE II. **Une approche distribuée et incarnée de la cognition : une première tension temporelle**, p. 45) et propositions théoriques (PARTIE III. Proposition théorique : la congruence dans la cognition distribuée, p. 131) visent à montrer la nécessité, dans une situation d'enseignement-apprentissage, de prendre en compte différents facteurs, plus ou moins éloignés physiquement et temporellement de sujets en action couplés structurellement avec la situation, c'est-à-dire formant un système cognitif distribué. Il est possible d'étirer l'échelle d'observation, selon les possibilités du protocole expérimental, des déterminants sociaux et culturels les plus larges jusqu'aux variables individuelles observables en situation, d'une activité cognitive et culturelle qui se retrouve alors distribuée dans le temps. Ce passage du contexte général à la situation particulière, conduit à proposer un cadre méthodologique considérant le couplage structurel entre sujets et situations comme unité d'analyse, articulant de manière hiérarchique les niveaux micro, méso, macro de l'activité étudiée.

A partir de ce qui a été montré jusqu'à présent, il semble possible de concevoir une méthodologie d'analyse basée sur la cognition distribuée et le phénomène de congruence, en prenant en compte leur caractère situé immédiat ainsi que la culture constituée à partir de laquelle ils procèdent, tout en tenant compte de la dimension groupale et socioculturelle de la situation. Il est, en effet, possible de procéder par l'identification de plusieurs systèmes et sous-systèmes cognitifs, en « se concentrant sur les processus internes à un seul individu, sur un individu en coordination avec un ensemble d'outils, ou sur un groupe d'individus en interaction les uns avec les autres et avec un ensemble d'outils » (Hutchins, 1995, p. 373), puis en tentant de coupler structurellement ce système local à un ensemble de contingences situées à une échelle plus large (le contexte socio-historique des politiques, normes, etc.). Autrement dit, en procédant par une analyse de niveau micro, puis en remontant par une analyse du couplage structurel micro-méso, puis des couplages structurels méso-macro et micro-macro.

En prenant appui sur le modèle d'Hutchins (1995), comme le montre le schéma modélisant la pratique humaine (Figure 9. « Un moment de pratique humaine », tiré de Hutchins (1995, p. 372), p. 83), la conduite de l'activité elle-même est relativement courte, mais procède d'activités antécédentes possédant des éléments culturels et cognitifs communs, comme chaîne causale transitive (Gilead, 1990), mais « la conduite de l'activité crée des éléments de structure représentationnelle qui perdurent au-delà de la fin de la tâche » (Hutchins, 1995, p. 373). Ces éléments sont ce que Hutchins nomme les résidus opérationnels cognitifs incorporés (*embodied*), qui subsistent réifiés (en artefacts tangibles ou abstraits), permettant d'identifier des états représentationnels et des composants culturels. Ils impliquent de tenir compte d'une dimension temporelle tant au niveau micrologique, mésologique que macrologique. Cela revient à prendre en compte, si ce n'est l'histoire culturelle d'un contexte¹⁹⁴, celui des individus qui composent ce contexte. Un milieu est ainsi constitué d'une chaîne historique de moments socioculturels et cognitifs de la part des individus qui le composent, qui énoncent leur intériorité autant qu'ils incorporent l'extériorité. Ces éléments cognitifs résiduels incorporés sont censés transformer le référentiel individuel de manière incrémentale, en ce que le développement du sujet en termes de compétences et de savoir constitue « les résidus mentaux » (Hutchins, 1995, p. 374) de ces processus.

Notre positionnement épistémologique et méthodologique nous a conduit à proposer que l'action située (Suchman, 1987 ; Lave et Wenger, 1991) mobilise un **référentiel interne** (les dispositions, Lahire, 2001 ; des schèmes modaux, Versace et al., 2017 ; des routines et plans intégrés, Suchman, 1987 ; une préparation à la perception, Bruner, 1957), en interaction avec un **référentiel externe** comme aide à l'action (les disponibilités locales : Lave, 1988 ; Norman, 1993 ; Hutchins, 1995 ; Quéré, 1997, mais aussi distale), en fonction des caractéristiques et des exigences cognitives et culturelles de la situation. Ces référentiels, dans le but de prendre en compte le système comme unité d'analyse sont, *a minima*, méthodologiques (Stahl, 2005) : le chercheur peut ainsi comprendre les processus intériorisés ainsi que les composants de l'environnement qui vont déterminer une partie des perceptions et conduites des sujets.

¹⁹⁴ « Le développement de la pratique a lieu durant des siècles » (Hutchins, 1995, p. 374), ce qui conduit à rendre visible la microgenèse des éléments culturels qui sont afférents à un milieu culturel, dans l'observation et l'analyse des détails des pratiques durant leur cours d'action.

1. Propositions méthodologiques : échelles d'observation et unité d'analyse

Le paradigme situé ne définit pas ontologiquement l'échelle d'observation. L'unité d'analyse, si elle ne se limite pas à l'objet analysé – la cognition distribuée prenant en compte le système et non pas l'objet – s'étend à ce qui n'est pas immédiatement observable « à l'œil nu » *hic et nunc*, notamment du fait des effets projetés de variables non-locales. La perspective située et contextualisée peut intégrer dans sa méthode autant de variables explicatives que le travail du chercheur le permet, en fonction de la question de recherche. Cette perspective dépend ainsi de cette contingence, consubstantielle des capacités physiques (pour se mouvoir physiquement dans l'espace de l'objet d'étude), sensorielles (pour percevoir les informations sensorielles en situation) et cognitives (liées aux connaissances théoriques et compétences méthodologiques) du chercheur, mais aussi matérielles (les moyens économiques mis à disposition par l'institution), et de ses caractéristiques culturelles. L'ensemble de ces éléments conditionnent la portée (au sens premier) de son observation, et ainsi ses outils de recueil des données. En d'autres termes, en se positionnant comme un anthropologue cognitif, le chercheur n'intervient pas avec un ensemble d'outils préconçus et indépendant de la situation. Il s'immerge dans la situation pour mieux la comprendre et en saisir la spécificité pour choisir et adapter des outils de recueil des données adaptés à la situation, à la tâche cognitive, à la culture du système et à la spécificité des environnements numériques (objets 3D, réalité virtuelle, MOOC, robots scolaires, etc.). Cependant, il se dote d'un cadre général de référentiels d'analyse (cf. **Partie IV.3**, p. 181) pour, *in fine*, tenter de modéliser le système d'activité distribué. Ce cadre général implique autant d'invariants en termes d'analyse que des spécificités liées à l'écologie de la situation observée.

Ce positionnement méthodologique conduit à repenser les conditions sociomatérielles, ou « l'horizon des observations » du chercheur (ses contraintes multifactorielles), comme pouvant constituer son positionnement épistémique. L'analyse devrait ainsi maintenir une vigilance quant aux explications *post-hoc*, comme justifications méthodologiques rétrospectives. Evidemment, toute recherche comportant sa part de biais et de points aveugles, il s'agit plutôt de comprendre « les raisons et la manière dont un champ de pratique devient un champ de recherche (et réciproquement) », et prendre en compte l'écologie du chercheur (Guérin et Simonian, 2022, p. 71), tout en veillant à son positionnement épistémique. En un sens, comme les sujets et les objets qu'il étudie, le chercheur est lui aussi pris dans ses propres contingences

et niveaux de contextualité, qui déterminent sa perception en situation de certaines informations, qui seront plus ou moins congruentes avec son référentiel interne, et qui vont conforter ses croyances et opinions préalables¹⁹⁵. Ces biais intrinsèques aux caractéristiques perceptives, cognitives et méthodologiques du chercheur, nous pouvons les retrouver dans le domaine des technologies éducatives, où « des résultats non significatifs attestent avant tout que les différences [entre les résultats d'apprentissage dans un environnement EIAH et un environnement traditionnel] observées sont trop faibles pour être raisonnablement attribuées aux variables contrôlées par l'observateur, l'EIAH constituant bien souvent la variable la plus facile à contrôler » (Marquet, 2005, p. 386).

Ainsi, intégrer, lorsqu'il est possible, des variables *non-locales* dans l'analyse des situations instrumentées, permet d'établir que l'unité d'analyse étudiée n'est pas limitée par la « situativité » du chercheur. En ce sens, si nous acceptons le fait que le regard du chercheur est, lui aussi, *situé*, il faut alors prendre en compte cette « situativité », avec la *situation* du fait observé et analysé (Bronfenbrenner, 1977 ; Albero et Simonian, 2021 ; Guérin et Simonian, 2022) :

La compréhension du développement humain exige d'aller au-delà de l'observation directe du comportement d'une ou deux personnes au même endroit ; elle nécessite l'examen de systèmes d'interaction multipersonnels non limités à un seul cadre et doit prendre en compte des aspects de l'environnement au-delà de la situation immédiate contenant le sujet (Bronfenbrenner, 1977, p. 514).

Bronfenbrenner (1977) préconise ainsi de prendre en compte « les contextes sociaux plus larges, à la fois formels et informels », dans lesquels la situation étudiée est intégrée (*embedded*). L'approche distribuée de la cognition se place ainsi dans cette perspective d'extension du domaine de l'observable. En ce sens, le terme « observable » suppose moins une nécessité descriptive, du point de vue méthodologique, que prescriptive. Nous considérons que, si le postulat est la distribution et l'extension de la cognition, alors l'extension de la focale de l'observateur constitue une condition épistémologique et méthodologique dans sa démarche. Son regard se « désancrer » temporairement vers un cadre d'ancrage distal à la situation observée, afin d'enrichir les variables étudiées par des modèles de compréhension additionnels.

Nous proposons une approche par couplage structurel hiérarchique et interdépendant pour appréhender l'unité d'analyse dans un couplage structurel entre le ou les sujets (niveau micro), et la situation d'apprentissage (niveau méso) et le contexte plus éloigné de la situation (niveau

¹⁹⁵ Pour les biais de confirmation du chercheur : Hallihan et Shu (2013) ; Schumm (2021) ; Marsh et Hanlon (2007) ; McSweeney (2021).

macro). Ainsi, le couplage sujet-environnement est analysé comme unité configurationnelle (Elias, 1970/2003), l'individu ne pouvant « être isolé des chaînes d'interdépendances dans lesquelles il s'inscrit » (Duvoux, 2022, p. 52). Les échelles d'observation sont donc abordées comme des niveaux de collecte de données (Revel, 1996). De cette manière, la congruence est étudiée comme phénomène sous-tendant le couplage sujets-situation.

Cette approche, si elle se base fortement sur une incorporation et une internalisation individuelles dans le cycle perception-action, s'éloigne en fait de l'individualisme méthodologique, qui considère l'agent, à titre individuel, comme étant « la cible de l'étude » (Lee, 2023, p. 8). Au contraire, notre proposition méthodologique, pour étudier la congruence dans le système de distribution cognitive, tente d'établir une synthèse entre :

- Une structuration hiérarchique en sous-systèmes écologiques (Bronfenbrenner, 1979, 1995), chaque échelle étant couplée structurellement avec les autres.
- Une structuration hiérarchique en considérant que chaque sous-système constitue des conditions ergonomiques qui vont plus ou moins faciliter l'apprentissage humain (Smith, 2013, 2017). Ces contextes différents comprennent des ressources externes (Hutchins, 1995 ; Norman, 1993) (tels que les curricula, les règles locales, les artefacts, etc.) en appui aux processus cognitifs et actanciels, avant d'être internalisés.
- Le couplage structurel entre l'individu et différents niveaux contextuels constituent l'unité d'observation. Cette approche prend en compte la temporalité, le fait que certains référentiels sont internes (liés à la temporalité individuelle), d'autres externes, situés dans un environnement (qui sont plus ou moins internalisés) plus ou moins immédiat.
- La distribution temporelle de la cognition et la situation comme un moment socioculturel : en s'éloignant de l'approche ethnographique classique, le chercheur tente de reconstituer un événement singulier dans une chronologie ou une série (Trom, 2003). Il s'« émancipe » ainsi de ses propres limites spatio-temporelles, ou de son « horizon des observations » (Hutchins, 1995, p. 268), comme biais méthodologique, ce qui le conduit à redéfinir le cadre dans lequel il agit. Il s'agit alors de considérer qu'un phénomène situé est ontologiquement *a-local*, et son extension temporelle endogène à la situation spécifique étudiée (Trom, 2003).

Au sein de l'unité d'analyse sujet-situation, sous-tendue par le principe de congruence, il est alors question de tenter de saisir comment l'un influence l'autre. Une telle orientation pose de nombreux questionnements, notamment : comment passe-t-on du contexte à la situation ? Dans

quelle mesure les situations particulières sont-elles définies par, et contribuent à définir des contextes plus généraux ? Les processus cognitifs sont observables dans l'environnement et dans l'espace interpsychologique. Des disciplines « épistémologiquement hybrides » telle que la sociologie cognitive peuvent être convoquées pour tenter de s'en emparer comme objet de recherche (Clément et Kauffman, 2011 ; Pharo, 2011 ; Zerubavel, 1997)¹⁹⁶.

2. Du contexte à la situation, ou approche hiérarchique distribuée du phénomène éducatif : le rôle de la congruence

Pour étudier les situations d'enseignement-apprentissage, nous proposons plusieurs niveaux de contexte comme constituant l'environnement plus ou moins éloigné dans lequel est située l'action. Il s'agit autant des éléments présents immédiatement aux sujets (le niveau micro), les disponibilités locales (le niveau méso), ou d'éléments distaux, exerçant des effets projetés sur l'action située (le niveau macro). En effet, structure de l'environnement et structure de la situation sont deux réalités distinctes, et ne sauraient être confondues entre elles (Quéré, 1997). Même si la situation particulière est partiellement déterminée par le contexte général, le contexte est le produit de la situation, et d'un point de vue temporel, la succession de moments sociaux contribue à produire un contexte socioculturel plus large (Dourish, 2004), un référentiel externe général. Ce renvoi vers une structure supérieure dans le fait de donner une signification à un phénomène localement situé est systématique.

D'un point de vue pragmatique, les individus participent à des pratiques culturelles façonnées par la spécificité de la tâche qu'ils ont à réaliser, du contexte et interagissent avec des communautés et des institutions sociales à la fois proximales et distales (Vélez-Agosto et al., 2017). Pour l'analyse de la congruence à l'intérieur de systèmes distribués, nous proposons de procéder par couplage structurel méthodologique hiérarchique, comme pendant du couplage structurel entre les dispositions des sujets et leur environnement. Comme vu en **Partie I (p. 7)** dans la synthèse de nos travaux, il est possible de procéder par couplage macro-méso, méso-micro, ou macro-micro-méso (comme le cas des variables socioéconomiques qui peuvent influencer les stratégies cognitives et la perception de l'environnement d'apprentissage, cf.

¹⁹⁶ Par exemple, l'agentivité de l'acteur met l'accent sur l'expression de sa volonté d'apprendre, de réussir, en d'autres termes, donne des indications sur sa posture et sa disposition en vue de mener à bien l'activité qui donnera lieu à des apprentissages (le sentiment d'efficacité personnelle, l'expression d'objectifs de réussite, etc.). Néanmoins, cette insistance sur l'autonomie des acteurs et leur libre arbitre élude en partie les contraintes que les institutions et les structures socio-économiques font peser sur la formation même des perceptions et des valeurs des acteurs et sur leurs capacités d'action, ainsi que des contraintes physiques et perceptives.

Partie I.4, p. 41), afin de restituer les processus d'apprentissage et l'action située des sujets apprenants.

3. Le référentiel méthodologique

3.1. Les méthodes de l'enquête hors laboratoire pour analyser l'unité sujet-environnement : la méthode hiérarchique distribuée (MHD)

Les propositions méthodologiques susmentionnées impliquent de procéder à des démarches scientifiques hors laboratoire. Nous suggérons de concevoir des expériences scientifiques « qui reflètent des conditions aussi écologiquement valables que possible » (Pezzulo et Cizek, 2016, p. 423), par opposition à des conditions expérimentales en laboratoire, conçues pour résoudre des problèmes de recherche qui ne saisissent pas l'ensemble des défis fondamentaux de la cognition dans la « nature » (*in the wild*). Face à l'unité d'analyse qu'est un système distribué, il s'agit de spécifier d'abord quelles sont les tâches, qui sont les sujets, quels sont les artefacts, et comment le tout est lié pour former un système cognitif (Halverson et Clifford, 2006). Il s'agit d'analyser les comportements humains incarnés et situés, en mobilisant – pour partie – des méthodes rigoureuses et éprouvées par les techniques bien établies en laboratoire. Il est possible de décrire un processus de décision continu, en termes de concepts classiques, et analysé avec ces techniques établies (Gordon et al., 2021). Cela pourrait être fait par exemple en catégorisant les actions possibles (ce qui requiert alors un minimum de connaissances préalables en termes d'actions possibles de la situation étudiée), ou en discrétisant un processus continu. Pour ce faire, il s'agit de limiter temporairement l'horizon des observations à ce qui est immédiatement observable en situation, « accepter l'incertitude » (Guérin et Simonian, 2022, p. 77), puis procéder à une catégorisation des processus étudiés afin de les objectiver.

Dans les approches écologiques, éenactives et incarnées, les décisions sont en fin de compte exprimées en actions : une analyse écologique du mouvement humain offre de fait une méthode « ancrée » pour comprendre la prise de décision (Araújo et al., 2006, cités par Gordon et al., 2021). Observer l'activité d'apprentissage *in the wild* revient donc pour le chercheur en sciences de l'éducation et de la formation à observer une partie des processus cognitifs et sociaux à l'œuvre à partir d'actions effectives (Hutchins, 1995), afin de les comprendre, les catégoriser, les mesurer.

Une approche distribuée et dispositionnelle de la cognition implique aussi de considérer la cognition individuelle comme dépendante des conditions sociomatérielles et sensori-motrice de

son émergence, en articulant l'échelle micrologique aux échelles mésologique et macrologique. Ces limites a-spatiales et a-temporelles (Hutchins, 1995) posent un défi : si les effets sociaux opèrent à distance de temps, alors les situations sociales et les sujets dans ces situations sociales deviennent ainsi le lieu de « résonances » (Rosa, 2012) des expériences passées.

L'anthropologie cognitive dispose de différentes méthodes afin d'analyser les processus cognitifs humains dans leur contexte culturel et social (Hutchins, 1995). Les contingences des situations peuvent conduire le chercheur à inférer localement les variables à étudier du moment qu'il est en immersion dans un lieu et dans une communauté mais aussi en dialogue avec ses interlocuteurs (cf. **Partie I**, p. 7). Dit autrement, il s'agit pour le chercheur de s'imprégner de l'environnement socioculturel en recueillant des données sur le prescrit, la culture, l'organisation du travail, les artefacts mis à disposition, la spécificité des opérateurs qui organisent la réalisation de l'activité (Hutchins, 1995 ; Simonian, 2022). Ce n'est qu'à cette condition qu'il est possible de comprendre le système d'activité et d'inférer les variables pertinentes à étudier, à partir d'enquêtes exploratoires (carnets de bord, entretiens semi-directifs formels et informels, traces de l'activité, observations in-situ, analyses documentaires afférentes à un domaine particulier), via une démarche inductive (Laplantine, 2001), sans modèle préalable. De même, il est possible de déduire les variables de terrains d'enquête, en fonction de l'état des connaissances scientifiques afférentes à la question de recherche. Une fois cette étape franchie, il s'agit de proposer des « modèles situés », c'est-à-dire valable *a minima* pour le domaine étudié dans son contexte, afin de comprendre dans quelle mesure la congruence située favorise le développement des sujets. La validité générale du modèle restreint causal, ou d'un système local (Hutchins, 1995) (des dispositions spécifiques actualisées dans une situation particulière, entraînant des états corporels, affectifs et cognitifs spécifiques, le tout défini par un contexte général normatif), reste dépendante de sa reproductibilité dans différents contextes et situations¹⁹⁷.

Les dispositions étant, par définition sociologique, hétérogènes (intra et inter-sujets, Lahire, 2006, 2013), nous cherchons alors à comprendre comment le système fait sens par rapport aux sujets, notamment via l'étude de la congruence. Le résultat général obtenu (la performance du système cognitif via l'étude de l'apprentissage global de l'ensemble des sujets), offre une tendance globale, mais il est probable que chaque sujet (ne formant pas avec les autres sujets

¹⁹⁷ « Les groupes sociaux (que l'on commence à comparer à des organismes vivants) peuvent être considérés comme des systèmes « naturels » qui doivent être étudiés empiriquement, en partant de l'observation de faits, afin de dégager des principes généraux, que nous appellerions aujourd'hui des lois » (Laplantine, 2001, p. 54).

un ensemble monolithique) apprend différemment, en fonction, justement de la manière dont le système actualise ses dispositions.

3.2. Formalisation de la MHD : le *delta* de congruence au sein du « carré des référentiels »

Il s'agit donc de mener une recherche de matériaux afin de constituer un corpus de données afférentes de ce qui constitue le contexte (macro), la situation (méso) et le sujet (micro), puis on étudie le rapport entre chaque niveau. Caractériser les actions du sujet en situation (traces objectives de son activité, mais aussi sa subjectivité) permet de comprendre son vécu lors du processus d'apprentissage et ainsi d'alimenter les référentiels internes, externes et le *delta* de congruence. En tant que chercheurs en sciences de l'éducation et de la formation, nous étudions le couplage structurel, le *delta* de congruence, comme unité d'analyse, via la propagation des états représentationnels de l'information à travers les composants du système cognitif distribué et comment ils affectent les performances du système dans son ensemble. Pour ce faire, il s'agit de vérifier comment le système distribué bénéficie aux sujets en termes d'apprentissage. Nous observons les états représentationnels (les comportements épistémiques et pragmatiques) des sujets, afin de vérifier l'alignement entre les référentiels internes et les référentiels externes (*delta* de congruence, cf. Figure 15 ci-après). Lorsque le *delta* est favorable, vérifier dans quelles mesures l'apprentissage (la performance du système) a été observé. A l'inverse, si l'apprentissage est lacunaire, il s'agit alors d'observer dans quel « pôle » local du système de référentiels il est possible d'agir via une ingénierie pédagogique interventionniste expérimentale ou quasi-expérimentale (il est évidemment impossible d'agir sur les pôles généraux) : soit sur le référentiel interne local, comme planification locale au niveau cognitif (voir Collet et al., 2021, p. 202, avec l'imagerie motrice), au niveau psychosocial (voir Kizilcec et al., 2020, p. 201, avec la neutralisation de la menace identitaire), ou au niveau socioaffectif (voir Polo, Simonian et Chaker, 2023, p. 216, avec la préparation à la régulation émotionnelle). Soit sur le référentiel externe local en effectuant des modifications au niveau de ses constituants opérationnels (voir p. 188).

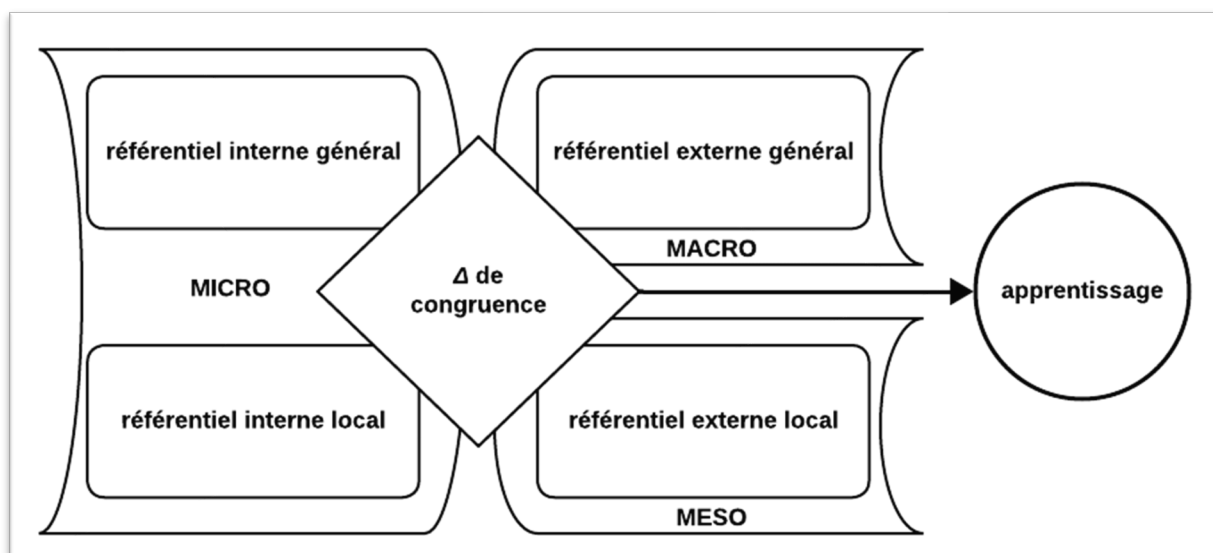


Figure 15. Formalisation de la Méthode Hiérarchique Distribuée : le delta de congruence au sein du « carré des référentiels » pour analyser l'action des sujets en situation d'apprentissage.

Nous formalisons ci-dessus (Figure 15) la Méthode Hiérarchique Distribuée (MHD) : ce « carré des référentiels » (chacun sera décrit en détails dans la section suivante), induit une congruence par l'action des sujets, participant de leur développement. L'objectif est de recueillir des données comportementales, psychologiques, physiologiques, émotionnelles (en fonction du sujet de recherche et des possibilités méthodologiques), afin de caractériser la dynamique relationnelle (*delta* de congruence) entre les sujets (micro) et les disponibilités locales (mésos), en prenant en compte le contexte général (macro). Ce dernier pourra être renseigné via une recherche et une analyse documentaire afférentes au domaine étudié, afin de comprendre les dynamiques plus larges qui ont permis à la situation spécifique étudiée d'exister, et qui va normer localement le couplage sujets-situation¹⁹⁸.

¹⁹⁸ Note méthodologique à propos du renseignement de chaque référentiel : chaque référentiel peut être informé dans les situations pédagogiques étudiées. Quoiqu'il en soit, il n'est pas systématique d'intégrer l'étude de l'ensemble des référentiels dans chaque projet de recherche : le choix est fait en fonction de la question de recherche, des outils à disposition, de la faisabilité, etc. Par exemple, le référentiel externe général pourrait, en théorie, être systématiquement intégré à l'analyse, dans la mesure où c'est le contexte général normatif socioculturellement, légal, politique ou curriculaire, qui rend possible l'existence de la situation d'apprentissage (par exemple, les politiques en faveur de la recherche sur le numérique éducatif fournissent les moyens matériels mais aussi les justifications sociopolitiques d'un projet de recherche). Si l'ensemble des référentiels n'est pas étudié systématiquement dans nos projets et programmes de recherche, cela ne remet toutefois pas en cause leur existence propre, ni leurs effets potentiels sur la situation étudiée.

3.3. Opérationnalisation de la MHD pour analyser les processus d'apprentissage

3.3.1. Le « carré des référentiels » et leurs constituants opérationnels

Nous différencions entre différents types de référentiels (Tableau 1 ci-dessous). La congruence vise à renseigner la situation comme une rencontre et un produit entre le particulier et le général et entre l'intériorité et l'extériorité : autrement dit, entre le référentiel général et local, et le référentiel interne et externe. Nous proposons d'opérationnaliser ces propositions par la spécification des **constituants opérationnels (CO)** de chaque référentiel, afin de permettre, par leur objectivation, leur observation empirique. Il s'agit d'identifier et d'étudier le couplage structurel entre CO de chaque famille de référentiel (interne-externe et local-général), et d'ainsi identifier la nature de cette relation (tableau 1 ci-dessous). Dans le sens de nos propositions théoriques, il s'agit d'observer si l'expérience a produit un apprentissage, du moins si elle a conduit le sujet à mettre en œuvre des stratégies cognitives (de régulation de l'activité, de résolution de problème) « pour-l'action », afin d'apprendre, ou d'atteindre les objectifs pédagogiques s'ils ont été formalisés.

Tableau 1. Les quatre types de référentiels et leurs composants opérationnels.

Types de référentiels	Référentiel Interne	Référentiel Externe
Référentiel Général	Dispositions Modèles du monde	Normes socioculturelles Lois Programmes politiques Curricula et référentiels nationaux
Référentiel Local	Plan d'action Simulation mentale Préparation sociocognitive	<i>Constituants normatifs</i> Normes, cultures, règles locales Répertoire de procédures Référentiel de compétences Curriculum local Scénario pédagogique ----- <i>Constituants sociomatériels</i> Actions des pairs Interventions pédagogiques Informations/stimuli sensorielles Système sociotechnique

3.3.2. Le référentiel interne général

Parmi les référentiels internes (qui constituent un environnement à dominante interne au sujet, voir Simonian 2014, p. 14), le **référentiel interne général**, concerne les dispositions acquises à mesure des moments culturels de socialisation, mais aussi ce qui est propre à chaque individu, comme incorporation de dispositions, de filtres perceptifs et de schèmes modaux, et des « modèles du monde » qui sont formés tout au long de l'expérience avec celui-ci et qui agissent comme des disponibilités internes. Ce sont des référents à l'action qui agissent *off-line*, c'est-à-dire qui précèdent l'action (puisque'ils existent avant cette action), mais agissent de manière distale en situation, « résonnent » durant l'action.

Les référentiels internes procèdent socialement de l'internalisation de normes extérieures (qui peuvent être générales ou particulières). D'un point de vue psychosocial, la notion d'introjection évoque une régulation ou une valeur qui était auparavant externe et qui a été « intériorisée » (Meissner, 1981). L'introjection est posée comme une forme intermédiaire de régulation, entre le contrôle externe et le comportement basé sur des valeurs ou des régulations qui ont été identifiées ou pleinement assimilées (Ryan et Connell, 1989). Le « locus de contrôle de causalité » spécifie d'où provient le *drive* vers l'action. Ce locus de contrôle se situe effectivement sur un continuum d'internalité-externalité (les motifs externes renvoient à un comportement afférent à une autorité externe ou à la conformité aux règles¹⁹⁹, Ryan et Connell, 1989). Dans notre modèle, le comportement du sujet trouverait son locus à partir de référentiels à l'action qui seraient externes, prenant la forme de pressions et de normativité externes, environnementales et culturelles, jusqu'à un locus de causalité interne, une sorte de régression vers le *self*, qui constituerait un « auto-référencement », lieu de l'inscription corporelle de l'esprit (Varela, Thompson et Rosch, 1993), et de l'incorporation des dispositions à agir et des modèles du monde. Dans ce locus de contrôle interne, des motifs intégrés de régulation et de motivation intrinsèque participent également au processus d'inférence active, puisqu'agissant comme support à l'action.

Sociologiquement, les dispositions à se former (Lambert et Marion-Vernoux, 2014), sont caractérisées selon « les grandes catégories d'analyse sociodémographiques que sont la catégorie socioprofessionnelle, le niveau d'études, l'âge, le sexe d'état-civil, la situation

¹⁹⁹ Les raisons intrinsèques à l'action sont liées au plaisir actif, un « désir souverain », essence de l'humain, l'effort vers la persévérance dans notre être, selon Spinoza : « si nous jugeons qu'une chose est bonne, c'est précisément parce que nous nous y efforçons, nous la voulons, ou aspirons à elle, ou la désirons » (*Ethique*, III, prop. 9, scolie). C'est un conatus d'auto-affirmation, qui se réalise dans le plaisir de l'activité ou de la tâche elle-même.

familiale, l'habitat, etc. » (Carré, 2018, p. 9), qui peuvent être renseignées via des enquêtes quantitatives. Il est également possible de procéder qualitativement à l'analyse des dispositions à se former via l'entretien biographique (Dominicé et Pineau, 2011).

Au sein du référentiel interne général (RIG), les dispositions et les modèles du monde sont des CO séparés. Nous considérons qu'ils sont chacun de nature différente : les dispositions, qui peuvent renvoyer dans nos projets à un niveau d'expertise et des compétences liées à un domaine, constituent un objet sociologique (Lahire, 2011), même si elles sont alignées avec une vision incarnée de la cognition (puisque ces routines, habitudes, traits, niveau d'expertise, habilités, etc. sont incorporés et plus moins conscientisés par le sujet, et relèvent de schèmes sensori-moteurs) (Lemieux, 2011). Ces éléments peuvent être étudiés quantitativement par le biais de tests psychométriques (par exemple les capacités spatiales dans l'exemple du projet *MODELI+*, **Partie IV.4.1.3**, p. 195) ou de connaissances et niveaux d'expertise dans un domaine, afin de discriminer entre les sujets en fonction de ces caractéristiques.

Quant aux modèles du monde, ils concernent des heuristiques pouvant être traitées par la psychologie cognitive, dans un paradigme de cerveau prédictif (Friston, 2012 ; Clark, 2022) : les écarts à partir de ces modèles vont engendrer une surprise, que le sujet (ou le système) cherche à minimiser. Ainsi, en fonction du cadre scientifique de la recherche, l'un ou l'autre CO pourra être mobilisé afin d'étudier la congruence avec les disponibilités locales ou distales.

3.3.3. Le référentiel interne local

Le **référentiel interne** est également **local**, c'est-à-dire afférent au plan d'action en situation : le sujet planifie son action par simulation et anticipation (nous avons vu que cette préparation à l'action dépend par ailleurs du niveau d'expertise du sujet). Distinguant entre le plan et l'action établie (Suchman, 1989), les dispositions incorporées agissent dans notre système comme un plan constitué de manière plus ou moins distale par rapport à l'action située *on-line*. Pour nous, ces référents locaux ou généraux sont intériorisés, mais pas nécessairement objectivés : ils sont incorporés au sens de la cognition incarnée. Ces référents à l'action (plans, dispositions, schèmes modaux, simulation mentale) sont incarnés et procèdent d'une « inscription corporelle de l'esprit » (Varela, Thompson et Rosch, 1993), le « corps cognitivisé » (Apostol, 2021) construisant du sens pendant ou après l'activité. Les données qui doivent être recueillies auront pour rôle de permettre aux sujets de verbaliser ce qui est incorporé de manière plus ou moins consciente (de manière rétrospective).

Au sein du référentiel interne local (RIL), agissant *on-line*, les CO sont le plan d'action situé et

la préparation à l'activité. Cette dernière est largement étudiée en neurosciences, notamment par les chercheurs en STAPS (sciences et techniques de l'activité physique et sportive), afin de comprendre comment l'imagerie mentale permet d'obtenir de meilleures performances physiques (Guillot et Collet, 2010) ou en termes de gestes professionnels (Collet et al., 2021). Cette simulation mentale agit par la suite, durant la tâche, comme un référentiel interne local en tant que préparation cognitive : il s'agit d'une distribution temporelle à court terme de la cognition. Toutefois, contrairement au plan institué comme disposition dans le RIG, le sujet peut planifier à court terme de manière locale, à proximité de la tâche.

Les processus relevant du RIL sont également affectifs, comme l'anticipation du regard des autres durant l'activité (cela renvoie au statut social congruent au sein du groupe comme vu en **Partie III.3.4**, mais aussi la préparation émotionnelle dans le cas de la collaboration à distance, comme nous le verrons dans cette section p. 216). Des éléments sur le RIL peuvent être explicités lors d'une étape de *briefing* mais aussi au moment du *debriefing* post-activité, afin d'objectiver de manière rétrospective cette phase préparatoire à l'action, via des entretiens d'explicitation des actions (Vermersch, 2006), et interroger « la conscience préréflexive de l'acteur émergeant du couplage structurel avec son environnement » (Guérin, 2012, p. 71). Quant à l'entraînement cognitif, les sessions peuvent être quantifiées (Collet et al., 2021).

3.3.4. Le référentiel externe local

Le **référentiel externe local** concerne le cadre spécifique de l'action. Ses CO sont divisés en deux catégories : les CO normatifs, comme référentiel normatif local de l'action située, et les CO sociomatériels, constituant l'environnement social et technique de l'action située. C'est autant l'environnement culturel (comme ressource normative), que sociomatériel, qui fournissent aux sujets des possibilités d'action qui sont non disponibles pour eux via leurs ressources internes (Zhang, 1997). Les normes, cultures, règles locales, répertoire de procédures, savoirs de référence (Rogalski, 2004), référentiel de compétences, curriculum local et scénario pédagogique, constituent des CO relevant d'échelles locales de référence (comme liées à un domaine professionnel ou à un contexte local) qui agissent comme prescripteurs normatifs de l'action des sujets.

Quant aux actions des pairs (en tant que ressources visuelles et/ou collaboratives dans le cadre d'une tâche, comme nous l'avons vu dans les différentes parties concernant la distribution sociale de la cognition), interventions pédagogiques d'enseignants (niveau de guidage par exemple), informations/stimuli sensoriels (les aides visuelles, les informations audiovisuelles,

le feedback, dans le cas des environnements numériques d'apprentissage), système sociotechnique (type d'outils à disposition ou de plateforme utilisée), ils constituent les disponibilités sociales et matérielles locales, que les sujets mobilisent comme ressources (ou qui agissent comme contraintes) immédiates pour leur action. Ils sont afférents à l'ingénierie pédagogique (donc en partie à ce que prévoit le scénario pédagogique), et à ce que cette ingénierie permet en termes de degré d'ouverture (Simonian, Chaker et Kaplan, 2019 ; Reyssier, Valorge et Chaker, 2022) : flexibilité du système sociotechnique, degré d'ouverture du scénario, liberté donnée aux pairs apprenants, niveau de directivité et de cadrage de l'enseignant, personnalisation de l'environnement, adaptativité du parcours/activité pédagogique et de l'environnement par rapport à l'apprenant, mais aussi aux contingences situationnelles, événements imprévus et incidents (Flanagan, 1954).

3.3.5. Le référentiel externe général

Le **référentiel externe général**, comme ressource culturelle distale à l'action, concerne le contexte socio-historique, et les objets qui en sont produits, tels que les textes de loi et les normes sociales et culturelles liées au contexte général de la situation (cela peut référer à un corpus de normes à tendance universelle²⁰⁰), sur lequel le sujet peut s'appuyer de manière normative et cognitive au service de son action. Ce référentiel constitue un environnement à dominante externe propre à une société (voir Simonian 2014, p. 14), présent indirectement dans la situation, et incarne les institutions, ces « groupements sociaux légitimés » (Douglas (2004/1986) socioculturellement. Le référentiel externe participe de normer socialement, culturellement, politiquement et légalement l'environnement de l'action : il agit comme un régulateur externe de ce dernier.

Au sein du référentiel externe général (REG), les CO concernent les normes socioculturelles du contexte général de la situation étudiée, mais aussi les lois en vigueur (en tant que normes juridiques) et les programmes politiques. Les normes socioculturelles, en tant qu'échelles de référence ou d'évaluation, définissent par leurs prescriptions une marge de comportements, d'opinions, d'attitudes (Sherif, 1936)²⁰¹. Elles renvoient à des capacités d'action pour l'ensemble des individus (Demeulenaere, 2003), qui peuvent être objectivées soit par le recueil

²⁰⁰ Ces normes universelles renvoient à des valeurs morales transcendant les situations particulières et communes à différentes cultures. Nous n'approfondissons pas ce sujet dans le cadre de ce travail.

²⁰¹ La norme se base sur des règles intériorisées par l'ensemble du groupe social, et qui trouvent leurs origines dans la genèse de la morale à l'intérieur de ce groupe, qui définit ce qui est mal ou bien, désapprouvé mais accepté, prescrit, proscrit, ou encore encouragé.

de données verbales auprès d'acteurs (comme les décideurs, afin de comprendre des dynamiques politiques), à partir d'une recherche documentaire concernant le contexte général en question, de même pour les normes juridiques, dans la mesure où ces dernières sont connues et internalisées par les sujets (voir l'introjection plus haut). Les programmes politiques constituent également un CO, qu'il est possible d'objectiver via l'analyse de documents officiels, mais aussi via des entretiens avec des décideurs (Chaker, 2011, 2012²⁰²) (certaines politiques sont réifiées via des impulsions et des volontés, des orientations générales).

3.3.6. Identifier le delta de congruence

L'idée générale de la MHD est d'analyser, dans le couplage sujet-situation, si des écarts, des tensions, ont été observées au sein des différents niveaux de couplage dans le « carré des référentiels », et de vérifier si ce *delta* a produit de la part des sujets un investissement éactif de cet écart, des inférences actives, dans une visée développementale, autrement dit un apprentissage incarné et situé « pour-l'action ». Si cet écart est faible, il s'agit de vérifier dans quelle mesure la perception directe a permis le déroulement du scénario pédagogique (ou du cours de l'activité), et un apprentissage comme résultat (*learning outcome*).

Les environnements numériques offrent pour cela un terrain privilégié pour le recueil de traces des activités des sujets, dans le couplage avec la situation d'apprentissage. Il s'agit d'utiliser des outils d'objectivation du comportement, tels que les *learning analytics* (logs informatiques), l'observation systématique (en discrétisant un processus continu), ou l'activité oculaire (cf. projets *inCarne*, *MODELI+*, *RENFORCE*, voir à partir de **Partie IV.4.1.2**, p. 193, mais aussi projet *PAN*, voir **Volume 2, Partie 2.3.3**, p. 392). Il s'agit également de prendre en compte les états physiologiques durant l'expérience d'apprentissage (l'activité électrodermale comme indicateur de la charge cognitive, voir projets *MODELI+* et *RENFORCE*). Le couplage sujet-situation nous conduit également au recueil de données psychosociales, déclaratives, à propos des sujets en action : la charge cognitive ressentie (comme indice du degré de congruence), mais également ce qui permet de renseigner les états psychologiques des sujets en fonction de la situation étudiée (par exemple, dans le cas des MOOC, le travail étant asynchrone et en autonomie, des mesures comme celles des stratégies d'autorégulation, satisfaction, engagement, etc., mises au regard de la réussite, peuvent être indiquées pour comprendre ce

²⁰² Dans notre thèse de doctorat, nous avons interviewé des décideurs de l'enseignement supérieur au Liban (partie retravaillée sous forme d'acte du colloque JOCAIR, Amiens, 2012, dans Chaker, 2012), afin d'enquêter sur les politiques publiques en direction de la formation des jeunes Libanais aux compétences numériques, ainsi qu'en direction de la digitalisation des procédures

qu'a permis le couplage entre les sujets et le cours en ligne, voir à ce titre nos différents travaux **Partie I.**, p. 20). La mesure de la charge cognitive en fonction du niveau d'expertise (REG) permet d'établir si une charge pertinente à l'action a conduit à l'apprentissage (en restant vigilant au principe du renversement dû à l'expertise).

De la même manière, il s'agit d'évaluer si les normativités culturelles et prescriptions locales (REL) sont en accord avec les référentiels internes local et général : la prise en compte de mesures attitudinales (acceptabilité envers un outil ou rapport au savoir spécifique à un domaine, autrement dit à ce que la situation propose), et de leur évolution post-activité, permet de mesurer si l'activité, donc le *delta* de congruence potentiel, a induit un changement chez l'apprenant. Ces techniques de recueil de données sont quantitatives.

Du point de vue qualitatif, afin d'identifier la tension entre dispositions individuelles, plan local, et contingences situationnelles afférentes aux disponibilités matérielles locales (par exemple, les informations et stimuli sensoriels, les interventions des pairs et des enseignants, système sociotechnique), la technique dite de l'incident critique (Flanagan, 1954, *Critical Incident Technique* – CIT), constitue une méthodologie de recueil de données (observations, entretiens) pertinente pour identifier les événements durant l'activité qui ont entraîné un comportement spécifique de la personne en réponse à cet événement²⁰³. Les nombreuses recherches empiriques menées avec cette méthode ont mis en évidence que les incidents critiques en situation, comme mise en évidence d'un espace de possibles entre les dispositions du sujet et les exigences de la situation, constituent des moments décisifs dans l'accélération du processus d'apprentissage et de développement personnel et professionnel (Cope et Watts, 2000 ; Victoroff et Hogan, 2006 ; Mahajan, 2010). Afin d'informer les événements (REL) qui ont pu susciter de la surprise, du stress, autrement dit un écart au plan (RIL) via des perturbations non attendues (mais pas forcément indésirables pour les pédagogues et concepteurs cf. projet **RENFORCE Partie IV.4.1.4**, p. 199), l'entretien d'explicitation (Vermersch, 2006) post-activité est indiqué, pour comprendre notamment les actions épistémiques et pragmatiques des sujets (Dumas Reyssier, 2021).

Une méthode mixte permet par la suite de trianguler avec les données issues des mesures objectives du stress (activité électrodermale, activité oculaire), liées à des événements lors du

²⁰³ Les incidents sont définis par Flanagan (1954) comme des comportements extrêmes (c'est-à-dire hors de la courbe de normalité du comportement de l'individu, du point de vue statistique), variablement efficaces, au regard des objectifs généraux de l'activité. Le terme « critique » renvoie à ce qui peut être révélateur, ou significatif, en termes de comportement saillant de la part des personnes observées (Keatinge, 2002).

processus d'apprentissage, et ainsi identifier les CO du REL, qui ont pu provoquer cet éveil physiologique, plus ou moins désirable en fonction des situations (et informer l'ingénierie pédagogique afin d'intervenir sur les CO pertinents du REL : scénario pédagogique, stimuli sensoriels, niveau de guidage, etc., ou du RIL : anticipation des éléments pédagogiques pouvant conduire au stress ou à la surcharge cognitive).

Enfin, l'écart de congruence pourra être constaté entre, d'une part, le RIG et les normes générales ; et, d'autre part, entre le RIL (comme plan intériorisé) et les normes socioculturelles existantes au niveau général. Il s'agit de restituer la dynamique et l'intensité de la relation entre programmes politiques (niveau macro) et situations pédagogiques (de niveau méso). Le lien avec les dispositions individuelles (niveau micro) envers les systèmes techno-pédagogiques tels qu'impulsés de manière descendante (*top-down*) peut également être étudié : il s'agit d'analyser la congruence entre les dispositions individuelles envers un système sociotechnique et les programmes politiques sous-jacents à leur diffusion et implémentation. Dans certains contextes, il s'agit d'analyser dans quelle mesure c'est au contraire l'inexistence de politiques publiques en faveur des technologies numériques qui est critiquée par les acteurs (usagers comme décideurs) (Chaker, 2011). Dans les deux cas, analyser la congruence signifie poser la focale sur les actions engendrées par les sujets et la reconfiguration éventuelle des pratiques au niveau local.

4. Applications dans les projets en cours et programmes de recherche

Différents projets de recherche dans lesquels je suis impliqué constituent des terrains scientifiques fertiles permettant de mettre à l'épreuve empirique mes propositions théoriques, hypothèses scientifiques et la méthodologie proposée dans le cadre de ce présent travail. Ces projets de recherches présentés ci-après, montrent comment articuler différents niveaux hiérarchiques, en intégrant le carré des référentiels, en identifiant leurs Constituants Opérationnels (via leur déclinaison sous forme de variables et d'indicateurs), afin de comprendre comment le *delta* de congruence constaté conduit les sujets à atteindre les objectifs d'apprentissage attendus en situation d'enseignement-apprentissage.

4.1. Les projets de recherches en cours analysés via la MHD

4.1.1. Le projet *inCarne* : la cognition incarnée et distribuée en VR pour l'apprentissage de l'anatomie à partir de l'articulation corps-charge cognitive

Dans la perspective de rendre le travail cognitif apparent pour les apprenants, dans le cadre du projet *inCarne* (financement Région AURA, Pack Ambition Recherche 2021-2025, porteur : Nady Hoyek, Université Lyon 1), nous souhaitons vérifier si le fait d'observer le geste physique d'autrui en immersion dans un environnement virtuel, permet un meilleur apprentissage de l'anatomie d'étudiants à l'université. Nous proposons une acception incarnée et partagée de la connaissance (cf. **Partie II.5.8.1**, p. 68), par observation du geste accompli par un pair, comme processus cognitif cristallisé via la visualisation en réalité virtuelle. La visibilité de ces processus, ainsi que leur synchronicité motrice (lorsque deux sujets exécutent les mouvements ensemble), conduisent à un meilleur apprentissage et développement cognitif. L'alignement des mouvements corporels dans l'espace et dans le temps agit comme une « colle sociale » (Lakin et al., 2003), favorisant la communication, la collaboration et le comportement prosocial, tout en améliorant nos perceptions des personnes avec lesquelles nous interagissons et nos expériences subjectives pendant ces interactions (Mogan, Fischer et Bulbulia, 2017). La synchronisation motrice sous-tend de manière générale la cognition sociale (attention conjointe et mimétisme), et plus spécifiquement l'inhibition sociale (voir **Parties III.2.5**, p. 141 et **III.4.2**, p. 155, concernant l'inhibition cognitive).

Dans *inCarne*, le travail collaboratif en dyades se fait avec un utilisateur portant un casque en réalité virtuelle (VR) qui observe un second utilisateur lui-même en mouvement capté dans la VR. Le premier utilisateur peut lui aussi exécuter le geste par observation du pair. Une caméra capture le mouvement et rend visible en VR le geste dans son entièreté, comme illustré par la capture d'écran du prototype (Figure 18 ci-dessous). Cela permet par la suite l'observation du geste (que l'on pourra discrétiser à souhait) étape par étape, en temps arrêté, afin d'alléger la mémoire de travail via la segmentation du mouvement en 3D (Biard, Cojean et Jamet, 2018 ; Klingenberg et al., 2023). Nous prévoyons d'étudier explicitement l'effet de la cognition incarnée distribuée en comparant les résultats entre l'apprentissage par observation (immersion passive) et l'apprentissage par imitation (immersion active), en analysant les effets de la charge cognitive induite dans chaque cas. Nous supposons que le travail cognitif synchrone par imitation sociale, en soulageant la charge de travail (Keisari et al., 2020), pourra contribuer à l'inhibition cognitive de gestes « non-adéquats » (Moffat, Caruana et Cross, 2024), et ainsi

permettre l'incorporation de connaissances théoriques mobilisables par la suite, via des activités pédagogiques (jeux d'imitation, résolution de problèmes, etc.). Nous enrichissons les données obtenues en condition expérimentale, par des données obtenues dans les conditions réelles de l'implémentation de l'outil lors de TD d'anatomie en L1, afin de vérifier la validité écologique de l'outil.

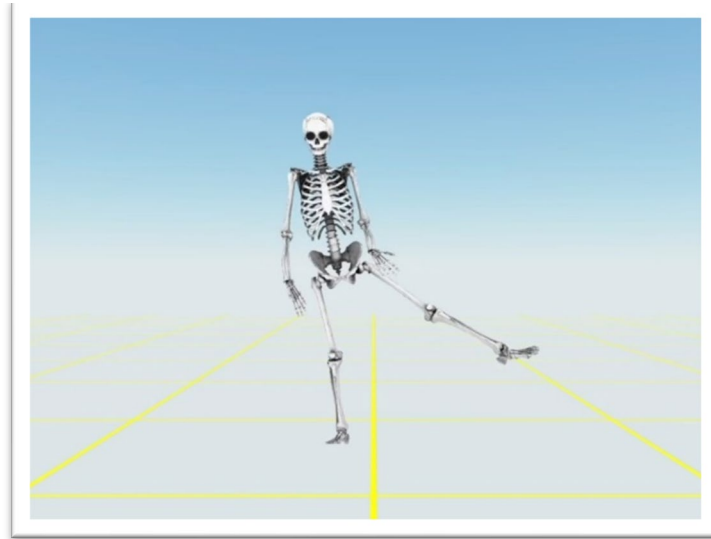


Figure 16. Prototype actuel du projet *inCarne* : visualisation de mouvements humains, explorables en 3D et en temps arrêté afin de faciliter l'observation.

Pour mesurer la charge cognitive hors laboratoire (*in the wild*), Fridman et al. (2018), Ling et al. (2023) suggèrent de mesurer en temps réel les changements oculaires (dilatation des pupilles, mouvements oculaires, etc.) durant une activité quotidienne. Les activités oculaires sont des indicateurs d'une activité cognitive (Pouw et al., 2016). L'analyse en temps réel et non intrusive de la dynamique de la région oculaire permet de surveiller l'allocation de l'attention visuelle des individus et d'estimer leur état mental lors de l'exécution de tâches réelles, ce qui peut potentiellement bénéficier à un large éventail d'applications dans le domaine de l'IHM (Ling et al., 2023). En effet, les mesures physiologiques basées sur les yeux se sont avérées être des prédicteurs efficaces de la charge cognitive (Coral, 2016). Par exemple, les mouvements oculaires sur le plan horizontal montrent une plus grande sensibilité aux changements de la demande cognitive que les mouvements verticaux (dans le cas d'une grande concentration, ou ce que l'on appelle *visual tunnelling* (tunnel visuel)).

Les données standardisées et horodatées pourront ensuite être triangulées avec d'autres données situationnelles (de niveau méso) (via une grille d'observation de comportement, *i.e.*, Chaker et Njingang, 2020, permettant d'identifier les incidents critiques), ainsi qu'avec des données psychométriques (niveau micro). Cette démarche permet de spécifier quelles données (ou

événements) ou objets environnementaux (référentiel externe local : les informations et stimuli sensoriels) ont pu susciter une charge cognitive accrue lors d'une activité d'apprentissage. Ces dernières pourront porter sur la mesure de la charge cognitive subjective (adaptation contextuelle du questionnaire de Leppink et al., 2013), mais aussi d'autres mesures afin d'évaluer l'expérience d'apprentissage (l'expérience utilisateur – *UX*, le sentiment de présence et d'immersion). Le carré des référentiels formalise comment renseigner chacun d'eux via ces différentes mesures de l'expérience des apprenants : différentes mesures objectives et subjectives vont tenter de caractériser cette expérience et comment elle va conduire à l'apprentissage (voir Figure 17 ci-dessous).

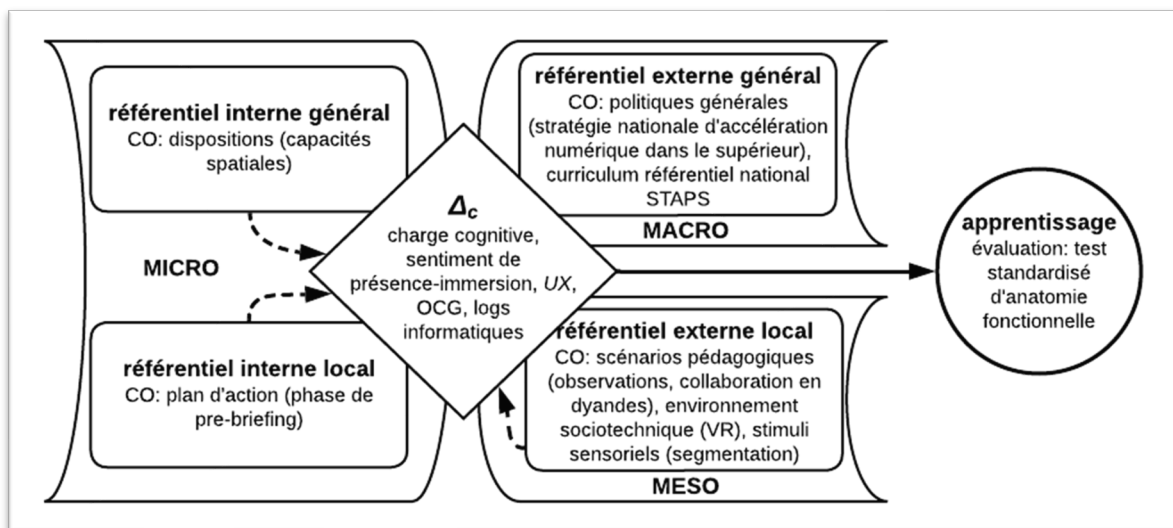


Figure 17. Le projet *inCarne* analysé via la MHD (*UX* : expérience utilisateur, *OCG* : activité oculographique).

4.1.2. Le projet *MODELI+* : de l'intérieur à l'extérieur du laboratoire pour créer des parcours adaptés aux dispositions cognitives des apprenants

Le projet *MODELI+* (Conception intégrée pluridisciplinaire d'un outil 3D adaptable pour l'apprentissage de l'anatomie à l'université, ANR-23-CE38-0011, 2024-2028, porteur : Rawad Chaker) vise la conception pluridisciplinaire et centrée utilisateur d'un outil 3D temps réel pour l'apprentissage de l'anatomie, adaptable aux capacités spatiales et aux stratégies visuelles et cognitives de l'apprenant via des parcours et activités spécifiques. La conception participative, du point de vue de la cognition située, est une des conditions afin de concevoir des outils pédagogiques (Clancey, 1995 ; Dillenbourg, 1996). Pour ce faire, le consortium opère une triangulation de données entre le niveau micro (les mesures individuelles) et le scénario pédagogique comme cadre de l'activité (niveau méso), afin d'analyser si l'adaptabilité (comme cas local du phénomène de congruence) favorise un meilleur apprentissage. Il s'agit de

recueillir, d'abord en laboratoire, puis en écologie (*in the wild*), toutes les données caractérisant ces capacités et stratégies, donc les caractéristiques cognitives et comportementales des apprenants, afin de pouvoir *in fine* produire un outil s'ajustant aux capacités spatiales des utilisateurs (dispositions cognitives), via la proposition de parcours pédagogiques comprenant des contenus et une interface et expérience utilisateur spécifiques (référentiel externe local), donc congruents avec ces dispositions. En effet, les différences interindividuelles (cognitives, notamment) entre étudiants ont rarement été prises en compte pour concevoir et évaluer les usages et effets d'outils numériques dans le cadre académique (Nkomo et al., 2021). Or, l'apprentissage de l'anatomie mobilise spécifiquement des capacités spatiales telles que la rotation mentale ou l'imagerie motrice (Hoyek et al., 2009). L'enjeu est de produire des données issues de l'activité d'apprentissage (charge cognitive, variables psychosociales) et de performance (réussite à des contrôles de connaissances d'anatomie), ainsi que des données issues directement de l'activité elle-même : des traces horodatées, telles que les traces informatiques (issues des logs de l'usage de l'outil), des données comportementales (oculographiques - OCG) et des données physiologiques (électrodermales - AED), ces deux dernières pouvant être objectivées en termes de charge cognitive (Massot et al., 2011) liée à des événements du scénario pédagogique (référentiel externe local), voire des incidents.

La charge cognitive est modulée en fonction des capacités spatiales²⁰⁴, ce qui peut influencer l'apprentissage de l'anatomie : ainsi, pour des sujets experts dans un domaine (ou dans notre cas ayant de bonnes capacités spatiales), les informations graphiques, du texte et un niveau de guidage visuel jugés superflus, peuvent détériorer l'apprentissage par le principe du renversement dû à l'expertise (Kalyuga, Renkl et Paas, 2010), alors qu'ils pourraient au contraire bénéficier aux novices (ou capacités spatiales faibles). Au début de l'activité instrumentée avec l'outil 3D, l'apprenant passe un test que nous nommons « spatio-anatomique » (un test de rotation mentale situé, appliqué à des structures anatomiques), suivi d'une activité-test d'anatomie, afin que le système « reconnaissance » son profil « spatio-

²⁰⁴ En effet, des dispositions telles que les capacités spatiales et plus particulièrement la mémoire de travail visuo-spatiale (évaluée par le test de Corsi), peuvent influencer les performances aux tests d'anatomie. La mémoire de travail visuo-spatiale est une capacité-clé de succès, comme l'ont montré Keeler et al. (2004) dans la perception des images de synthèse 3D. Levinson et al., (2007) ont en effet montré que les élèves ayant de faibles capacités spatiales présentaient des difficultés d'apprentissage lorsque l'outil numérique montrait des images 3D en comparaison avec des images 2D ne mettant en évidence que des vues clés. Comme la 3D offre différentes perspectives d'observation, les informations résultantes peuvent dépasser les capacités de la mémoire de travail si les apprenants sont incapables de relier l'ensemble des vues aux processus de rotation mentale. La performance de la mémoire visuospatiale (MVS) dépendant de facteurs intrinsèques (biopsychosociaux), mais aussi extrinsèques (facteurs liés à l'espace) (Gallou-Guyot et al., 2021), la méthodologie proposée dans *MODELI+* met l'accent sur cette dialectique d'intériorité/extériorité.

anatomique », puis le dirige vers le parcours le plus adéquat (niveau de guidage, complexité des tâches, etc.). Le fait même de passer des tests de rotation mentale entraîne les sujets, et constituera lors du processus d'apprentissage leur référentiel interne local, ce qui sera pris en compte dans les analyses.

L'enjeu est de vérifier si un outil numérique d'apprentissage constitue une compensation pour les individus ayant de faibles capacités spatiales (*compensating hypothesis*), ou que ces outils, au contraire, bénéficient uniquement à ceux qui ont des prédispositions spatiales meilleures et nécessaires au traitement de l'information véhiculée par l'outil (*ability-as-enhancer hypothesis*) (Hegarty et Sims, 1994), menant ainsi à un meilleur apprentissage. Ces deux hypothèses font écho avec nos propositions de l'effet de la congruence sur les apprentissages : par inférence active, le sujet possédant de faibles capacités spatiales mobilise les éléments de l'environnement (ici le parcours adapté, donc le scénario pédagogique + les informations et stimuli sensoriels, comme constituants opérationnels du référentiel externe local) afin de l'aider dans le traitement de l'information en minimisant les charges cognitives intrinsèque et extrinsèque et en augmentant la charge utile. L'outil numérique agit comme un élément de l'environnement « augmentant » *on-line* la congruence par un mécanisme de compensation de l'écart constaté. Ainsi, le sujet s'approprie les savoirs de manière située, en s'appuyant sur les disponibilités locales, « pour-l'action ». A l'inverse, si le sujet possède de bonnes dispositions en termes de capacités spatiales, alors la congruence présente via un parcours et un environnement congruents (*i.e.* peu de guidage, activités plus complexes) vont lui permettre d'améliorer ses performances (et ainsi éviter l'effet du renversement dû à l'expertise).

Nous proposons d'intégrer ces données de niveau micro à la trace d'apprentissage, afin d'inclure toutes les données pouvant être recueillies et pouvant caractériser l'expérience d'apprentissage durant le cours d'action. Ces données, une fois alignées, permettent de produire une trace pluridisciplinaire de plus haut niveau, caractéristique de l'apprentissage et prédictive de celui-ci, puisque nous allons utiliser des méthodes informatiques non supervisées mais aussi supervisées, afin de faire émerger des classes d'utilisateurs, figurées par des *personas*. Les *personas* sont des archétypes d'utilisateurs-types médians bien définis, qualifiés et quantifiés construits à partir de recherches ciblées (par classification) sur des utilisateurs réels ou potentiels (Cooper, 2004), que l'on sollicite pendant la conception et le développement. Nous pouvons avancer ici que la *persona* constitue la cristallisation du couplage structurel entre les caractéristiques individuelles et la situation d'apprentissage, puisqu'il s'agit de caractériser comment se comporte l'individu en fonction d'un environnement et d'un scénario (comme

constituants opérationnels du référentiel externe local). En quelque sorte, la *persona* est une manière d'objectiver ou de réifier via les méthodes informatiques le concept de disposition située (cf. **Partie III.4.3**, p. 157) : les caractéristiques cognitives et perceptives de l'utilisateur sont actualisées en fonction d'un environnement sociomatériel virtuel. Nous pourrions par exemple relier des actions informatiques (clics, rotation d'une structure anatomique, durée sur un écran, etc.) aux données oculaires (via *eye-tracking*) et aux données de charge cognitive (via l'activité électrodermale), puis relier ces schémas de comportement à des niveaux de capacités spatiales, afin de déterminer des profils-types apprenants ; puis nous pourrions relier le tout aux données de performance (tests de connaissance en anatomie), afin d'évaluer l'efficacité de l'outil²⁰⁵.

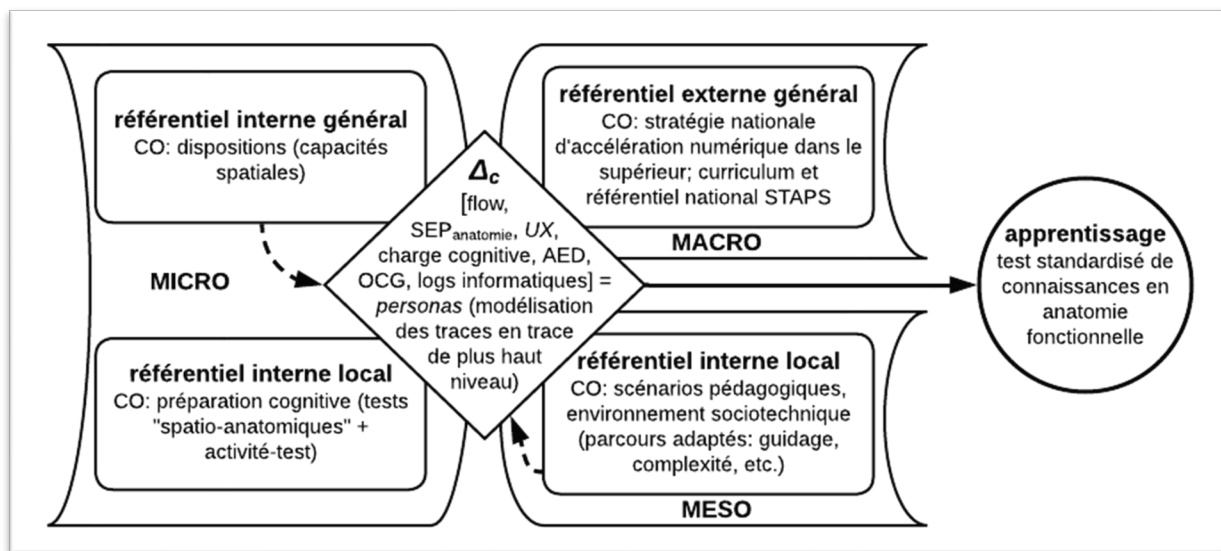


Figure 18. Le projet MODEL+ analysé via la MHD (SEP : sentiment d'efficacité personnelle, UX : expérience utilisateur, AED : activité électrodermale, OCG : activité oculographique).

Dans cette méthodologie, les traces informatiques, comportementales et physiologiques seront enrichies par des variables psychosociales prédictives de la persistance dans une tâche,

²⁰⁵ Quels liens entre les stratégies visuelles et l'apprentissage de structures anatomiques par exemple ? Du point de vue des mouvements oculaires, plusieurs études (Bethell-Fox et Shepard, 1988) ont opposé la stratégie analytique (rotation mentale de chaque partie constitutive d'une image qui nécessite de nombreuses saccades oculaires) à la stratégie holistique (transformation mentale de l'image dans son intégralité), selon les capacités spatiales des sujets (Heil et Jansen-Osmann, 2007). Roach et al. (2017) ont montré que les étudiants disposant de bonnes capacités spatiales ont des durées de fixation du regard plus courtes pour effectuer une rotation mentale et privilégient un raisonnement holistique, alors que les autres raisonnent analytiquement avec une fixation plus longue. Les points de fixation prioritaires étant différents, il est possible d'aider l'apprentissage des étudiants en guidant leur exploration visuelle de manière différenciée (Roach et al., 2019), ou en présentant des structures anatomiques de différents points de vue en fonction du profil. Le projet MODEL+ se basera notamment sur ces résultats afin de proposer des parcours congruents par rapport aux profils des apprenants et personnaliser les vues de ces structures anatomiques en 3D, en fonction des profils-types obtenus, au regard de la performance.

constituant ainsi une trace d'apprentissage non seulement pluridisciplinaire mais intégrant également différentes dimensions temporelles : des mesures synchrones (ou *online*), horodatées, et des mesures asynchrones recueillies pré- et post-activités. En plus de la mesure des capacités spatiales en amont de l'activité, nous mesurons l'*UX* (modèle *Attrakdiff2* de Hassenzahl, 2003) post-activités, mais aussi des états psychosociaux prédictifs de la persistance dans une tâche donnée (voir Figure 18 ci-dessus).

4.1.3. Le projet *RENFORCE* : perturber l'environnement pour bénéficier du delta de congruence en vue d'apprendre les gestes de sécurité dans un laboratoire virtuel de chimie

Dans le cadre du projet *RENFORCE* (*Reflexive Multi-sensory Immersive Environment for Chemical Risk Training*, ANR-22-CE31-0023, 2023-2027, porteuse : Elise Lavoué, Université Lyon 3), il est question, dans le lot de travail 1 (*WPI*) de concevoir des scénarios pédagogiques pour l'apprentissage des gestes de sécurité dans un laboratoire de chimie en réalité virtuelle (VR) (voir Figure 19). Un scénario où l'apprenant en immersion effectue les gestes adéquats du début à la fin (c'est-à-dire dès l'entrée virtuelle dans le laboratoire avec le choix de l'équipement, des instruments, jusqu'à l'expérimentation en elle-même), ne peut être efficace pour apprendre les gestes de sécurité car non soumis à une situation de réaction face au danger. En effet, si le sujet ne commet aucune erreur dans l'environnement de simulation, ou si celui-ci n'est pas perturbé, il ne pourra par la suite, en situation réelle, mettre en œuvre les bonnes stratégies afin de se mettre lui-même ainsi que les autres en sécurité en cas d'accident. Il s'agit alors pour les concepteurs-chercheurs de perturber le plan (ou le référentiel interne local) de l'apprenant, afin de conduire celui-ci à déployer en situation des stratégies de résolutions de problèmes disponibles à partir de son référentiel interne général, dans le cas de *RENFORCE*, ses connaissances théoriques et compétences en termes de gestes de sécurité en laboratoire de chimie en réponse à un incident léger ou un accident grave. Il s'agit de simuler en réalité virtuelle les conditions sensori-motrices d'une situation de perturbation de l'environnement, afin de mener les sujets à une connaissance théorique des gestes à effectuer, via l'actualisation des connaissances procédurales en situation. Notre hypothèse est que ce scénario, où il est question d'immerger le sujet dans les conditions multisensorielles proches de la réalité (chaleur sur le gant, odeurs toxiques synthétisées, son et images : les informations et stimuli sensoriels du référentiel externe local), lui permettent d'acquérir efficacement les gestes de sécurité en laboratoire de chimie.



Figure 19. Laboratoire de chimie en VR du projet RENFORCE (ANR-22-CE31-0023).

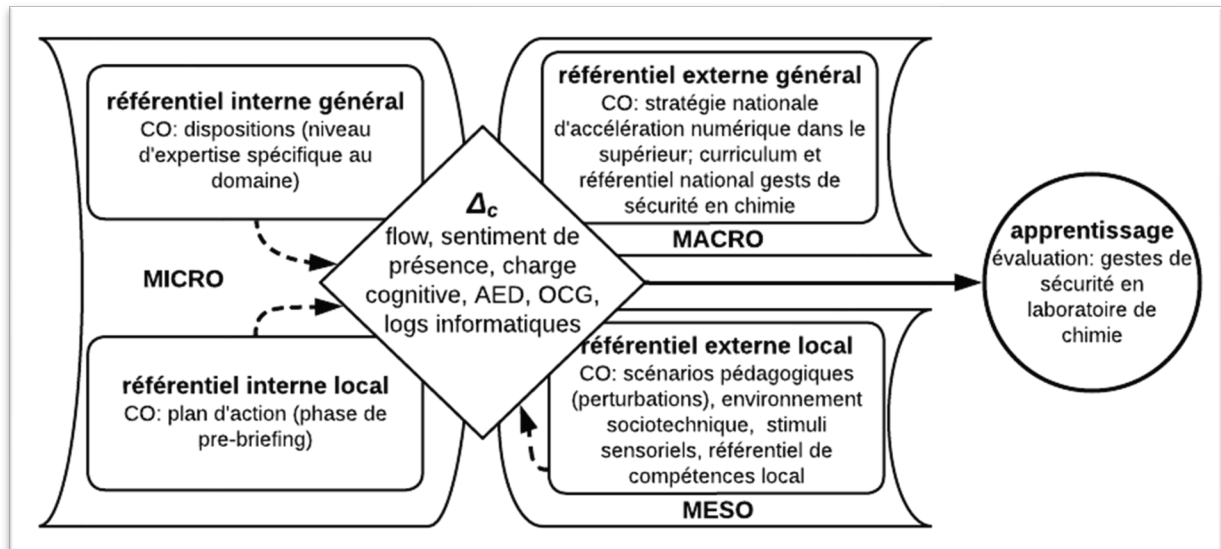


Figure 20. Projet RENFORCE analysé via la MHD (AED : activité électrodermale, OCG : activité oculographique).

Le scénario pédagogique est conçu en intégrant un feedback de l'environnement en cas d'erreur du sujet, et, si celui-ci n'en commet aucune durant la manipulation, alors la forcer (provenant d'un pair-agent virtuel, par exemple), ou forcer un incident critique (Flanagan, 1954), afin de perturber l'environnement, et ainsi forcer une réaction du sujet. L'idée est donc de créer volontairement un écart entre le plan intériorisé par le sujet, et la situation (Suchman, 1987), et de vérifier dans quelles mesures cet écart de congruence conduit le sujet à agir, et donc apprendre, « pour-l'action » et de produire des savoirs expérientiels (Guérin, 2012). Ces méthodes sont inspirées du modèle de Bjork et Bjork (2011) et des difficultés désirables (*desirable difficulties*) de Palominos et al. (2022), dans lesquels les erreurs sont utilisées

explicitement comme ressources d'apprentissage. Notre ingénierie prend en compte le niveau d'expertise en chimie des sujets : les perturbations forcées dans l'environnement vont affecter la charge cognitive des experts, et interférer avec leurs actions routinières et automatisées (*i.e.*, référentiel interne local : planification de l'action, et référentiel interne général : niveau d'expertise des sujets, voir Figure 20 ci-dessus). Instrumenté dans un but pédagogique, cet écart revêt alors « une fonction intermédiaire et médiatrices dans les apprentissages » (Vygotsky, 1934/1997 ; Rabardel, 1995, cités par Audran, 2010, p. 48).

4.2. Les programmes de recherches : systématisation de la MHD afin de comprendre le rôle de la congruence culturelle et cognitive pour les apprentissages

4.2.1. Le projet *EduBioCity* au service des sciences participatives : une analyse en termes de référentiels pour trianguler les niveaux macro-méso-micro

Au sein du projet eCOST (*European Cooperation in Science and Technology*) *PHOENIX* (CA 19123, 2020-2024, porteur : Andrea Pietrelli, Université Lyon 1), je suis coordinateur du Working Group 1 (*Educational and socio-economics aspect of environmental science for sustainable city planning*) qui vise à comprendre comment l'éducation peut contribuer à un comportement durable et à la citoyenneté écologique, par l'étude du lien entre la citoyenneté écologique et la technologie (dans le cas de *PHOENIX* il s'agit du cas de la pile microbienne²⁰⁶). C'est dans ce contexte que j'ai coordonné la soumission du projet *EduBioCity* dans le cadre des appels à projets européens *Green New Deal*, issus d'*Horizon 2020* (non retenu, et sera redéposé dans le cadre d'un appel futur). Le projet *EduBioCity* vise à développer et diffuser une plateforme numérique éducative basée sur la nature pour développer les sciences participatives ou *citizen science* (Silvertown, 2009 ; Luneau et al., 2021) dans diverses villes européennes. Nous projetons de disséminer des robots scolaires alimentés par des piles microbiennes (*Ecobots*). Ces *Ecobots* (Ieropoulos et al., 2005) sont imprimés en 3D et collectent des données environnementales. *EcoBot* est une plateforme robotique alimentée par huit piles microbiennes, contenant des microorganismes vivants qui digèrent la matière organique afin d'effectuer la phototaxie tout en surveillant et envoyant simultanément la lecture de données environnementales à distance. *EduBioCity* prévoit de disséminer ces robots au sein de classes d'écoles primaires de plusieurs villes européennes (le projet comprend dix universités

²⁰⁶ Pour plus d'informations : http://www.ampere-lab.fr/IMG/pdf/la_pile_a_combustible_microbienne.pdf

partenaires). Durant cinq semaines, les enseignants et les élèves manipulent les robots pédagogiques dans le cadre d'activités pédagogiques transversales. Les élèves du primaire auront l'opportunité de travailler sur la robotique (à la manière du projet *PREP*, voir p. 213) et les disciplines scolaires, tout en établissant un lien avec l'énergie et la nature, tout en intégrant leur foyer dans un projet scientifique.

En effet, durant ce temps, puis au-delà des cinq semaines pour une durée de trois mois au total, les familles doivent alimenter les piles microbiennes qui servent à faire fonctionner le robot (chaque élève a « son » robot, tel un animal domestique duquel il faut prendre soin) en les insérant dans un bac à compost (la métropole lyonnaise a par exemple distribué en 2023 à chaque foyer un panier à compost), afin de collecter de l'énergie (à partir des réactions d'oxydo-réduction impliquées dans la dégradation de molécules organiques). Ces piles alimentent des capteurs (par exemple, humidité du sol/air, pH), reliés au WIFI puis à un serveur distant, qui servent à cartographier l'humidité ou le pH de ces environnements. De cette manière, un paramètre commun peut être surveillé dans différentes géographies, visant toujours les mêmes conditions saisonnières/environnementales. Ce qui donnera lieu à des modélisations sur la plateforme de l'énergie collectée au sein des familles, d'un point de vue comparatif, *in fine* également avec les familles des autres villes européennes concernées par l'expérimentation (voir Figure 21 ci-dessous).

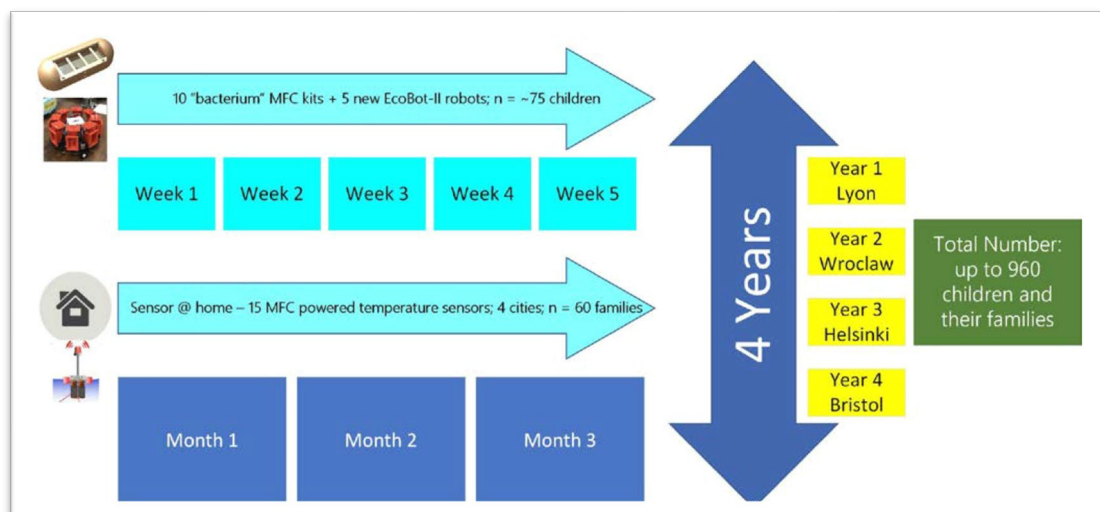


Figure 21. Programme éducatif du projet européen EduBioCity : des actions scolaires et familiales

Cela permettra de diffuser plus largement les résultats des activités, encourageant ainsi une participation plus active des membres de la communauté éducative. La participation de la famille aux activités pédagogiques intègre par ailleurs le cadre d'un enseignement prenant en

compte la diversité du public (*culturally responsive teaching*) (Grant et Ray, 2018), *a fortiori* dans le cas d'un public défavorisé (Quintos et Civil, 2008) (à l'instar du projet *PREP*, cf. plus loin **Partie IV.2.3**, p. 207, les écoles concernées en France seront basées à Villeurbanne en zones REP et REP+).

EduBioCity est étudié à partir de l'approche hiérarchique distribuée de la congruence entre les dispositions socioculturelles (référentiel interne général) du public impliqué dans le projet et les normativités contemporaines (référentiel externe général) en termes d'attitudes et de comportement envers des pratiques environnementales, par le biais de l'implication des élèves et des parents par le scénario pédagogique, dans les activités de robotique, de collecte d'énergie et de données (référentiel externe local). Une autre dimension du projet implique les politiques publiques (les programmes politiques comme constituants opérationnels du référentiel externe général) : il s'agit de contribuer à mettre en réseau les acteurs et décideurs locaux (*local stakeholders*) des villes européennes impliquées dans le projet, afin de partager les politiques et pratiques en faveur du développement durable dans une logique *bottom-up*, ayant réussi à s'implémenter comme pratiques citoyennes locales (donc congruentes, nous le supposons, avec le référentiel interne des citoyens : ce qui ouvre la voie à la possibilité d'appliquer le modèle de la congruence dans le cadre des politiques publiques). La Figure 22 ci-après opérationnalise le projet *EduBioCity* selon la MHD :

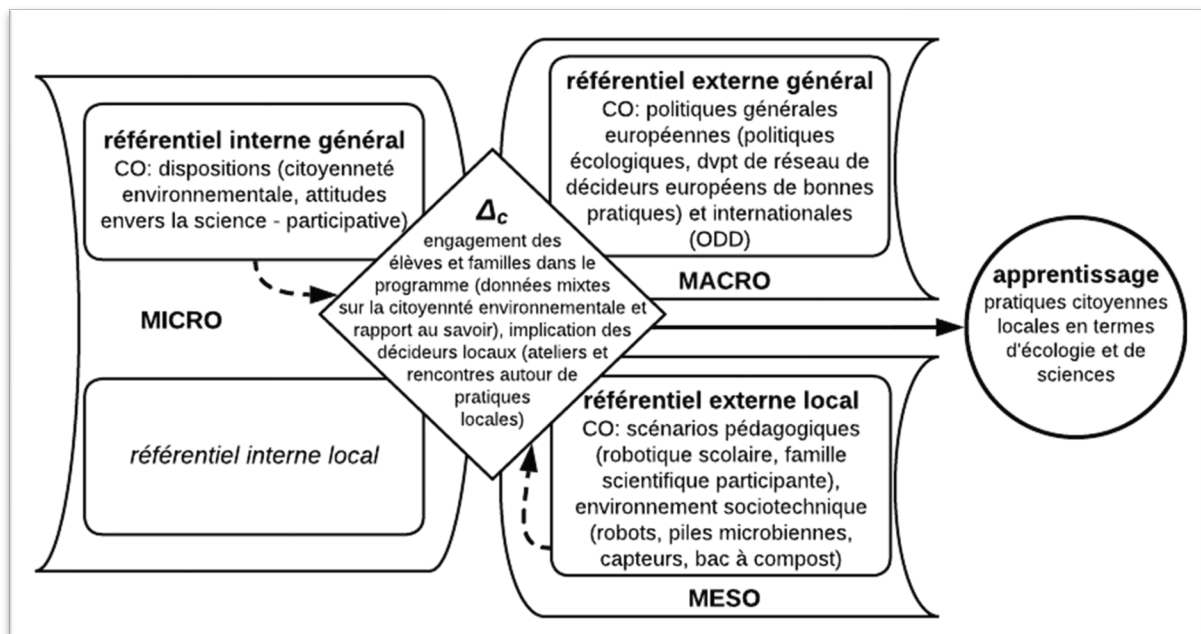


Figure 22. Le projet *EduBioCity* analysé via la MHD (CO : Composants Opérationnels, ODD : Objectifs de Développement Durable des Nations-Unies, Δ_c : delta de congruence).

4.2.2. Travaux sur les MOOC (*Gestion de Projet et CLEFS*) : le référentiel interne local pour réduire le delta de congruence

Les travaux de recherche sur les MOOC offrent un terrain scientifique propice à une prise en compte de multiples facteurs appartenant à de multiples niveaux d'observation. J'ai évoqué dans la première partie de ce travail, la possibilité d'un lien prédictif entre les différents facteurs sociaux démographiques et culturels pour la réussite et la persistance dans les MOOC. Constat est fait que les personnes qui réussissent dans ce type de dispositif guidé par un tuteur, auto-rythmé, sont des apprenants déjà diplômés, possédant de fortes compétences d'autorégulation de leur apprentissage (Reich, 2020). La recherche montre que les deux plus puissants prédicteurs pour l'enrôlement et la réussite dans un MOOC sont le statut socioéconomique (mesure du capital social et du capital économique), et les capacités à mettre en œuvre des stratégies d'apprentissage autorégulé²⁰⁷ (Reich, 2020) (comme se fixer des buts de réussite, gestion du temps, demander de l'aide, l'auto-contrôle, la veille sur soi – le *self-monitoring*, etc.).

Nous avons vu dans la **Partie I** (p. 32) comment l'origine socioculturelle des étudiants influence la manière dont ils vont percevoir les attentes de l'université, et ainsi conditionner leurs attitudes face à des consignes, dans le cadre du SPOC *CLEFS* (Comprendre, Lire, Ecrire et Faire de la Science à l'Université), dans le cadre du parcours de remédiation du même nom. Cette origine peut aussi déterminer leurs compétences d'autorégulation cognitive lorsqu'ils sont en présence d'environnements numériques d'apprentissage mal conçus, et ainsi modérer la charge cognitive extrinsèque.

Les études en psychologie sociale évoque la menace sociale identitaire (Martiny et Nikitin, 2019), qui conduit les apprenants, dans une stratégie de *coping*, à mobiliser leurs ressources cognitives pour compenser des menaces identitaires plutôt que pour apprendre (Inzlicht et Kang, 2010). En effet, lorsque leur identité sociale est menacée, les individus peuvent sentir qu'ils ne font pas partie d'une communauté, ou qu'ils sont incongrus, par rapport au contexte en question, ce qui peut provoquer un désengagement cognitif. Selon Inzlicht et Kang (2010), ces situations de menace peuvent conduire à une réponse physiologique de stress et de pensées distrayantes qui consomment une partie de la capacité de mémoire de travail (Beilock, Rydell et McConnell, 2007 ; Schmader et Johns, 2003, cités par Inzlicht et Kang, 2010, p. 468). Selon

²⁰⁷ Les individus développent des compétences d'autorégulation de leur apprentissage par le biais d'un apprentissage et de la pratique répétée, le plus souvent tout au long d'un parcours académique dans un système éducatif classique. Plusieurs études mettent en évidence le lien entre compétences d'autorégulation et contexte social (Littlejohn et al., 2016 ; Kizilcec, Pérez-Sanagustin et Maldonado, 2017 ; Alonso-Mencia et al., 2019).

les chercheurs, cet effort supplémentaire d'adaptation compensatoire est coûteux et peut laisser les individus en déficit d'énergie pour l'exécution de tâches ultérieures, en particulier celles qui nécessitent un effort d'auto-contrôle, d'autorégulation – autrement dit qui vont peut-être puiser dans des ressources volitionnelles²⁰⁸ (Baumeister, Muraven and Tice, 2011), qui sont particulièrement importantes dans le cadre des activités d'apprentissage en ligne.

Kizilcec et al. (2020) ont d'ailleurs montré que les apprenants des pays les moins industrialisés peuvent faire face à des obstacles de type menace identitaire durant l'apprentissage dans les MOOC, ce qui peut expliquer en partie leur plus fort niveau d'échec et de décrochage. Par une méthode quasi-expérimentale, ils ont tenté de travailler sur la congruence entre les référentiels culturels d'apprenants (référentiel interne général) et l'environnement d'apprentissage (référentiel externe local), en intégrant dans leur protocole 250 000 inscrits à 247 MOOC sur les plateformes *edX* et *Coursera*. Les chercheurs ont demandé aux étudiants, en amont des cours, de lire une liste de valeurs, puis d'en identifier deux ou trois qui étaient les plus importantes pour eux. Il leur a ensuite été demandé de rédiger un texte court expliquant pourquoi suivre ce cours était congruent avec ces valeurs déclarées. Il s'agissait pour les chercheurs d'énactier un alignement entre les intentions des apprenants et leur participation dans un cours, et – en théorie – cela servait à neutraliser un éventuel feedback négatif ultérieur (dû à des erreurs) qui pourrait concourir à leur faire ressentir une menace identitaire. Dans cette perspective, Palominos et al. (2022) soulignent la nécessité de normaliser les erreurs afin de minimiser les émotions négatives et créer une difficulté désirable (*desirable difficulty*). Il s'agit pour nous d'un exemple d'ingénierie pédagogique contribuant à rendre davantage congruent les dispositions des apprenants et la situation pédagogique, en tentant d'influencer le référentiel interne local, dans sa dimension de préparation à l'activité à court terme.

²⁰⁸ Dans le modèle de déplétion de l'égo, s'inhiber possède un coût : d'après Baumeister, Muraven et Tice (2011), « faire des choix, répondre de manière active au lieu d'être passif, se retenir d'agir par impulsion, et d'autres actes de maîtrise de soi et de volonté sollicitent une ressource commune qui est limitée et renouvelable, semblable à la force ou à l'énergie. Après un acte de choix ou de maîtrise de soi, les ressources du moi ont été dépensées, créant l'état d'épuisement de l'ego. Dans cet état, le *self* est moins capable de fonctionner efficacement, par exemple en se régulant lui-même ou en exerçant sa volonté. Les effets de l'épuisement de l'ego semblent refléter un effort pour conserver les ressources restantes plutôt que leur épuisement total, bien que, en principe, un épuisement total soit possible. Cette ressource polyvalente mais limitée est cruciale pour un fonctionnement optimal du *self*, et le besoin généralisé de la préserver peut expliquer la forte dépendance aux habitudes, à la routine et aux processus automatiques » (p. 130).

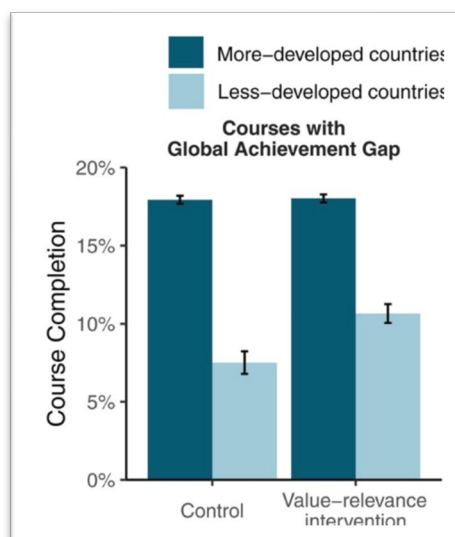


Figure 23. L'intervention pédagogique sur les valeurs congruentes avec la situation pédagogique (value-relevance intervention) a contribué à neutraliser les effets potentiels d'une menace identitaire, et ainsi bénéficié la réussite. Tiré de Kizilcec et al. (2020).

En comparaison avec un groupe contrôle n'ayant pas subi l'intervention pédagogique décrite, les résultats furent positifs et significatifs pour les cours présentant les plus grands écarts de réussite (*global achievement gap*) (voir Figure 23). Alors que les inscrits au MOOC des pays à revenus faibles et intermédiaires peuvent continuer à faire face à des difficultés technologiques liées à la qualité d'infrastructures et d'accès, cette étude suggère qu'une partie des différences de réussite peut être atténuée par ce type d'intervention pédagogique, mettant en lien le niveau macro (origine socioculturelle) et le niveau micro (menace identitaire), dans la perception du méso (feedback positif ou négatif du système). Nous pouvons arguer ici que le travail accompli par l'équipe de chercheurs-pédagogues a rendu le référentiel interne local des apprenants davantage congruent avec le contexte sociotechnique et culturel du dispositif (en tant que référentiel externe local, voir Figure 24 ci-dessous) : d'après les auteurs, leur intervention a mené les apprenants à une meilleure préparation mentale à une menace identitaire potentielle durant les activités proposées. Il serait pertinent de tenter d'adapter ce processus ingénierique quasi-expérimental dans le contexte de nos différentes recherches, comme dans le cadre de nos recherches sur le MOOC *Gestion de Projet*, afin de favoriser la réussite, ou dans le cadre de la robotique scolaire, afin de faciliter l'intégration des robots pédagogiques en classe dans des écoles de différents milieux socioculturels ou socioéconomique).

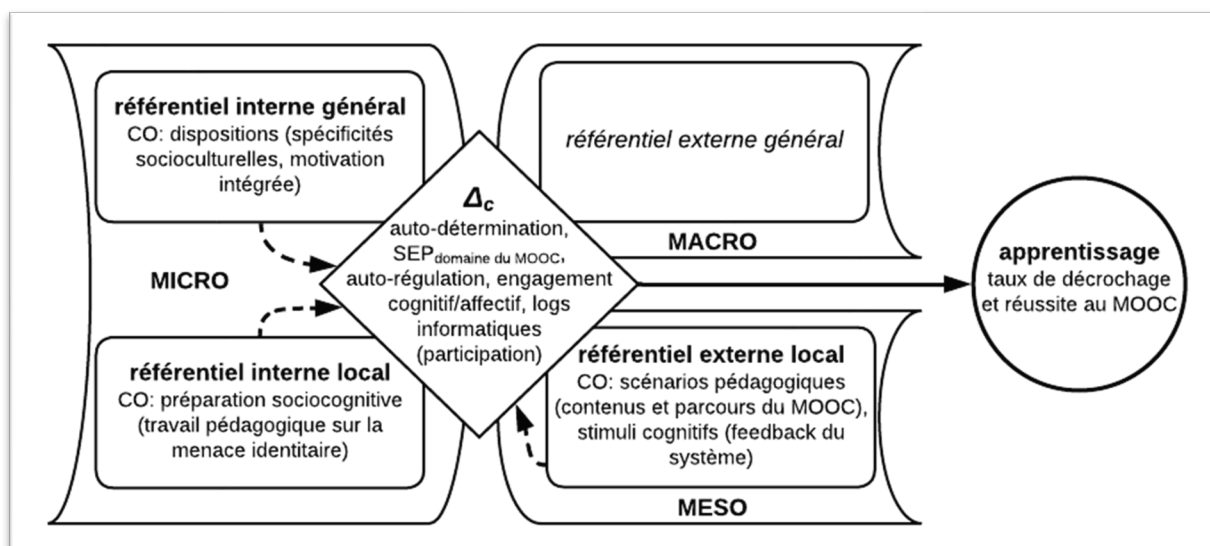


Figure 24. La MHD appliquée au programme de recherches sur l'apprentissage avec les MOOC (SEP : sentiment d'efficacité personnelle).

4.2.3. Intégrer le numérique à l'école par la méthode hiérarchique distribuée : des technologies et une informatique scolaires culturellement congruentes

Pour comprendre la cognition sociale à partir d'une perspective incarnée, il existe un risque, celui de trop se concentrer sur le niveau individuel, ce qui peut conduire à adopter des nouveaux types d'individualisme méthodologique qui négligent en partie la dimension sociale de la cognition (Lindblom, 2020 ; Zerubavel et Smith, 2010). Les écoles sont des espace-temps complexes qui n'ont pas été réellement efficaces pour implémenter des programmes ayant pour objectif de « révolutionner l'apprentissage » (Reich, 2020). Il n'est donc pas surprenant que les technologies éducatives n'aient pas réellement révolutionné l'éducation de la manière prédite par les technophiles, le « techno-évangélistes » (Reich, 2020), et autres « techno-béats » (Desmurget, 2018). Dans cette perspective, certaines approches seraient tentées de focaliser l'attention sur les volontés ou compétences individuelles des enseignants. Cette agentivité humaine, héritée d'une vision « bandurienne » quelque peu radicale, ne prend pas assez en compte le pôle environnement dans le modèle causal triadique réciproque (Bandura, 1986 ; Evans, 2015). Une exploration rapide dans les moteurs de recherches scientifiques permet de s'apercevoir que les cadres théoriques invoquant la motivation, le sentiment d'efficacité personnelle, l'engagement, l'attitude, l'autorégulation, etc., autrement dit se centrant sur le niveau micro, sont légion. Il est en effet aisé de tomber sur des modélisations en équations structurelles, obtenues à l'aide questionnaires standardisés, fournir de cadre explicatif de l'usage et de l'acceptabilité des outils numériques par les enseignants.

Lorsque l'on essaye de comprendre l'implémentation plus ou moins heureuse d'un outil technopédagogique dans un contexte scolaire ou académique, la tentation de porter son attention sur les seuls sujets est tout-à-fait tentante, dans la mesure où existent un très grand nombre d'échelles de mesures psychométriques des dispositions individuelles envers un outil en particulier (les items utilisés se verront alors être adaptés à l'outil en question), et dans un contexte éducatif particulier (l'université, le développement professionnel, l'école, etc.) ou en contexte de travail. Ces échelles de mesure sont alors diffusées, *a fortiori* dans un contexte éducatif désormais propice au recueil de données massives (Jaillet et Larose, 2009) (*learning analytics*), comme dans les MOOC. Il est possible en effet que cette contingence (l'existence d'un nombre important d'outils psychométriques adaptés ou à adapter, et la disponibilité des données d'éducation), l'écologie des chercheurs (Guérin et Simonian, 2022), qui constitue leur horizon des observations, ait contribué à l'installation croissante de ces méthodes de recherche. Ce qui impliquerait alors un lien de cause à effet entre les conditions sociomatérielles d'enquête caractéristiques d'une époque (en termes de modèles théoriques et de recueil de données) et le développement d'une approche scientifique en particulier, plutôt qu'une autre. Il y aurait ainsi une forte congruence entre les données à récolter (méso) et les approches psychosociales qui sont privilégiées aujourd'hui dans le monde de la recherche en éducation (qui auraient alors une valeur normative pour la communauté des chercheurs, niveau macro mais aussi un niveau micro en termes de focales des processus étudiés), et plus spécifiquement en technologie de l'éducation.

Entre autres biais et limites méthodologiques, cela expliquerait pourquoi certaines analyses se focalisent sur les compétences, attitudes ou sentiment d'efficacité personnelle des enseignants et la modification de leurs pratiques, lorsqu'il s'agit d'étudier l'intégration des outils numériques en classe, à l'instar de Reich (2020), qui avance que des enseignants d'une zone scolaire ayant la volonté de se « plonger dans un nouveau programme [d'intégration d'outils numériques en classe], auront de meilleurs résultats avec [ce nouveau programme²⁰⁹] qu'une autre zone avec des enseignants n'ayant pas la volonté de modifier leurs pratiques d'enseignement » (p. 75). Seulement, le contexte, qui ne se limite pas à la zone scolaire (en termes de niveau socioéconomique) mais au contexte culturel plus large des prescriptions institutionnelles, peut influencer grandement l'investissement individuel des enseignants dans un nouveau programme (causation descendante). Prendre le parti de se concentrer uniquement

²⁰⁹ Reich (2020) donne l'exemple du programme américain « Carnegie Learning ».

sur le niveau individuel des enseignants, revient à prendre le parti de laisser dans l'angle mort les facteurs de rapports de force et les vecteurs prescriptifs qui peuvent exercer au niveau local à partir de zones plus distales. Ces dynamiques peuvent ainsi conduire l'enseignant soit à une résistance envers un programme, sans même qu'il n'y ait de prescriptions fortes, ou, au contraire, à un investissement individuel significatif malgré des dispositions négatives, dans un contexte de fortes pressions. Enrichir l'unité d'analyse locale, comme système distribué local, de facteurs politiques contextuels distaux, est, pour Halverson et Clifford (2006), une manière de mieux comprendre les phénomènes de résistance aux changements d'enseignants : « les applications du cadre de la cognition distribuée aux problèmes scolaires chroniques [...], pourraient intégrer davantage de perspectives (par exemple, celles des décideurs locaux) ou davantage de cas de pratique d'évaluation afin de fournir une vision plus riche et nuancée de la pratique » (pp. 612-613).

Nous avons trouvé par exemple, dans le cadre du projet *PREP* (Programmation des Robots à l'Ecole Primaire ; financement Région Auvergne-Rhône-Alpes 2017-2022, porteur : Rawad Chaker), qu'il existe différents niveaux de motivation des enseignants envers la programmation des robots à l'école, sans toutefois que cela n'affecte le bon déroulement du programme, ni les résultats des élèves (verbatim d'entretiens et questionnaires ouverts, dans Magogeat et Chaker, en préparation). Le dispositif a en effet bénéficié, dès sa mise en œuvre, d'un engagement fort de l'institution, qui a contribué à l'engagement des enseignants dans le projet. L'Inspection Académique de Villeurbanne a étroitement accompagné le projet depuis son lancement, lorsqu'elle a sollicité les écoles, ce qui a provoqué une sorte « d'engagement moral » de la part des acteurs concernés, l'argumentaire avancé mettant en avant l'importance pour les élèves d'aujourd'hui de débiter très tôt l'acculturation et le développement de compétences en informatique. Ici, le programme politique de l'institution, comme Constituant Opérationnel du référentiel externe général, a joué un rôle prescripteur très fort sur les dispositions des enseignants. Une manière de conduire la recherche aurait pu se limiter à mesurer le niveau d'autodétermination des enseignants à s'investir dans ce programme, sans chercher à étudier le niveau d'internalisation de ces prescriptions institutionnelles. L'architecture du projet *PREP* est pensée dès le départ avec la volonté de prendre en compte l'engagement des enseignants comme condition de sa mise en œuvre et de sa réussite. C'est pourquoi, ce sont les enseignants eux-mêmes, organisés en ateliers de niveau scolaire, qui ont créé les scénarios pédagogiques qu'ils allaient mettre en œuvre durant les trois années du projet (voir Figure 25 ci-dessous). Il était ainsi plus aisé pour eux de s'approprier un document pédagogique (qui allait faire partie de leur

référentiel externe local) congruent avec leurs dispositions, et qu'ils ont construit collectivement. L'échelle méso, comme lieu de l'action située, montre que l'appropriation d'un dispositif repose sur l'hypothèse d'un couplage structurel résultant d'interactions entre ce qui est prescrit, ce que l'apprenant interprète comme étant ce qui est demandé, ce qu'il souhaite mettre en place et ce que son environnement lui permet de faire, dans la recherche d'« une congruence structurelle » (Maturana et Varela, 1989, p. 64).

CE1		PREP – Découvrir Dash	
1	Mettre Dash en mouvement		
Compétence.s du socle	- Compétence 1 - Compétence 2	Durée : 50' + 10'	
Objectif.s spécifique.s	- Programmer des déplacements simples - Prendre en main l'interface de l'application		
Matériel	<ul style="list-style-type: none"> - Tapis Lettres - Dash + tablettes - Fiches défis niveau 1 plastifiées - Fiches d'aide aux défis plastifiées - Feuilles de route photocopiées - Trace écrite photocopiée à compléter (Annexe 1A) 		
Apports théoriques	(trace écrite)		
1 – DECOUVERTE DE DASH		Collectif	Entrée dans l'activité 10'
<p>Présenter Dash aux élèves. Par observation, les élèves sont invités à énoncer des différences visibles au premier regard avec Ozobot.</p> <p>Expliquer le fonctionnement global du robot : on lui donne des instructions par la tablette, en utilisant l'application Blockly. Montrer comment appairer une tablette et un robot (voir tutoriel).</p> <p>Distribuer le matériel et faire créer un profil à chaque groupe. Guider le travail pour faire réaliser l'appairage du robot et de la tablette.</p>			
2 – DEFIS		Groupes de 3 ou 4	Découverte 30'
<p>Les élèves relèvent les défis proposés sur la fiche Défis niveau 1. Chaque groupe progresse à son rythme. Les groupes qui peinent à relever un défi peuvent consulter la fiche d'aide correspondant à leur défi afin de voir quels blocs ils peuvent utiliser (à eux de trouver comment les agencer pour programmer correctement Dash).</p> <p>Les défis 1 et 9 ne nécessitent pas le tapis.</p> <p>A la fin du temps imparti, tous n'auront pas obligatoirement relevé tous les défis du niveau 1. Après chaque défi relevé et validé par l'évaluateur, chacun remplit sa feuille de route individuelle.</p>			

Figure 25. Extrait d'un scénario pédagogique construit collectivement par le groupe des enseignants PREP (ici niveau CE1 avec le robot Dash©).

Ce projet illustre la manière dont la recherche collaborative peut prendre en compte la triangulation des trois niveaux hiérarchiques distribués (macro : prescriptions institutionnelles via le programme politique ; méso : scénario pédagogique et système sociotechnique, via la co-construction des séquences pédagogiques et une formation à l'usage pédagogique des robots pédagogiques ; micro : prise en compte des dispositions individuelles à intégrer un projet robotique scolaire et à utiliser les constituants opérationnels sociomatériels – robots – et prescripteurs – scénarios pédagogiques). L'étude des dynamiques permet d'identifier le rôle du

référentiel externe local, notamment le scénario coconstruit, comme révélateur des dispositions individuelles à s'engager dans un projet porté par une institution externe (le laboratoire ECP) et fortement prescrit par une institution locale (l'Inspection Académique de Villeurbanne).

Du point de vue pédagogique, de manière quasi-expérimentale et en extension de la méthode de la réduction du fossé identitaire (Kizilcec et al., 2020) vu plus haut, expliquer les raisons et l'importance de l'activité, favoriser l'engagement dans la prise de décision et apaiser les préoccupations, rendent le contexte propice au soutien de l'autonomie des enseignants (Hendijani, 2023, citant les travaux de Kuvaas et al., 2017 ; Muraven et al., 2008 ; Oliver et al., 2008).

Les études de Sandholtz dans les années 1980 (Dwyer et al., 1991 ; Dwyer et al., 1994) ont montré que lorsque des ordinateurs ont été intégrés en classe primaire aux États-Unis, le processus d'usage des enseignants est passé par des phases d'entrée, d'adoption, d'adaptation, d'appropriation et d'invention. L'étude a montré que même lorsque les enseignants disposent d'un support technique adéquat pour l'usage des nouvelles technologies en classe, l'adoption est un processus qui débute avec l'usage des nouveaux outils, mais pour faire des choses anciennes. Comme si les enseignants étaient restés ancrés dans un plan par défaut, un plan intériorisé (référentiel interne général) à mesure de leurs expériences professionnelles : adopter des nouvelles technologies paraît alors coûteux parce, dans cette situation d'incongruence entre dispositions acquises et nouvelles pratiques demandées, il faudrait réinventer la pratique pédagogique, rescénariser, concevoir à nouveau. Il apparaît alors moins coûteux d'obéir à la prescription d'utiliser les nouveaux outils, tout en faisant la même chose qu'auparavant. Le même constat fut fait en France par exemple avec les TBI, comme un substitut au tableau noir, dans un paradigme transmissif (Villemonteix et Béziat, 2013). A mesure du temps et de leurs expériences, les enseignants développent par la suite des pratiques d'enseignement-apprentissage qu'il serait impossible à mettre en place sans l'aide de ces nouvelles technologies (cf. l'étape d'« augmentation » dans le modèle SAMR, Puentedura, 2012). Une approche par le coût cognitif et les dispositions incorporées, au regard de la congruence avec les prescriptions générales et locales, aident à mieux comprendre les phénomènes de résistance aux nouvelles technologies dans le système éducatif.

Nous avons confirmé dans le cadre du projet *PREP* que le concept des natifs digitaux (*digital native*, Helsper et Eynon, 2010, Bohnert et Gracia, 2020) relève bien d'un mythe (Kirschner et Marienboer, 2013 ; Amadiou et Tricot, 2014) : l'important n'est pas forcément à quelle époque

on naît, mais dans quelles conditions sociales (Attewell, 2001, Rafalow, 2018). Comme nous l'avons spécifié plus haut : la congruence n'étant pas l'adaptation (cf. **Partie III.4.3**, p. 157), il s'agit plutôt d'une rencontre distale. Il n'est donc question ni d'adapter l'école à l'élève, ni d'adapter l'élève à l'école : « la technologie doit non seulement répondre à ces questions d'identité, mais aussi satisfaire aux exigences pédagogiques du programme » (Eglash et al., 2013, cité par Scott, Sheridan et Clark, 2015, p. 415). Dans cette orientation, nos perspectives de recherche projettent d'accompagner la conception et l'intégration des artefacts numériques à l'école, de réflexions et d'ingénieries pédagogiques prenant en compte les spécificités socioculturelles des apprenants (Coulibaly, 2019). Par exemple, les futurs professeurs des écoles sont formés à la différenciation pédagogique (Gillig, 2009) à mettre en œuvre dans le cadre du curriculum caché (Perrenoud, 1993). Ces différenciations sont mises en place par les enseignants, souvent en fonction de l'origine sociale réelle ou supposée des élèves (Baluteau, 2014). Il n'existe, à l'heure actuelle, que peu de données sur des méthodes ou des référentiels portant sur la manière d'intégrer le numérique à l'école, en tant qu'outil pour apprendre et en tant qu'objet, en prenant en compte les spécificités socioculturelles des élèves (Savard, Bourdeau et Paquette, 2020), du moins en France²¹⁰.

A ce titre, l'approche dite de *culturally responsive teaching* (CRT) (que l'on peut traduire par « enseignement ajusté à la diversité du public ») (Gay, 2018), est une manière de prendre en compte « l'écart de réussite académique et des taux d'abandon scolaire élevés basés sur la race, la classe socio-économique et le niveau de compétence » (Vavrus, 2008, p. 49), « pour rendre l'apprentissage culturellement plus pertinent et efficace pour cette population particulière d'élèves. De cette manière, le CRT a le potentiel de valider et d'affirmer les cadres de référence culturels de tous les élèves comme moyen d'aider les étudiants à atteindre leurs objectifs académiques » (p. 50). Le référentiel interne général du public, que l'enseignant rend légitime dans le cadre scolaire (par exemple via une ingénierie pédagogique culturelle du référentiel

²¹⁰ Quelques études dans le monde anglo-saxon qui tentent de proposer des pistes pratiques existent néanmoins : Woodley et al. (2017) proposent une liste des meilleures pratiques en enseignement en ligne prenant en compte la culture des apprenants (*culturally responsive teaching*) (avec des exemples d'activités en ligne qui sont « légitimantes, compréhensives, multidimensionnelles, émancipatrices et transformatrices ») ; Scott, Sheridan et Clark (2015) proposent une revisite du concept d'informatique adaptée à la culture (*culturally responsive computing*). Un autre exemple d'usage chez Frederick et Shockley (2008) qui trouvent que les enseignants ont considéré la technologie informatique comme un moyen d'extraire des images positives et des documents authentiques, afin d'exposer leurs élèves à leur patrimoine culturel. Leur recherche a également révélé que les enseignants ont utilisé Internet comme mécanisme d'aide au développement de l'identité personnelle et culturelle de leurs élèves. Enfin, l'étude de Chuang, Shih et Cheng (2020) sur des enseignants du scolaire et secondaire, semble montrer que l'expérience technologique hors et dans l'enseignement prédit une perception positive d'un enseignement culturellement adapté au contexte des élèves, dans le cadre d'activités dans des environnements d'apprentissage instrumenté.

interne local), devient ainsi une ressource mobilisable au regard du référentiel externe local (normativité et disponibilités sociomatérielles locales). Nous nous inspirons de cette approche, afin de mettre en œuvre une conception et scénarisation pédagogiques pour travailler sur la congruence entre les référentiels culturels des élèves d'un côté et le cadre scolaire et situations pédagogiques de l'autre (Vavrus, 2008).

La méta-analyse de Morales-Chicas et al. (2019), portant sur l'éducation scolaire culturellement pertinente en informatique (*Culturally Relevant Education in Computing*), champs de recherche et de pratiques pédagogiques dynamiques outre-Atlantique depuis une dizaine d'années et basé sur le CRT (Eglash, Gilbert et Foster, 2013 ; Eglash et al., 2013 ; Scott et White, 2013), met en évidence plusieurs études impliquant l'usage d'outils de conception culturellement situés (*Culturally Situated Design Tools*), et positionnées dans le cadre général de l'enseignement de l'informatique adapté au public (*culturally responsive computing* – ou CRC). Le cadre théorique et méthodologique que nous proposons dans notre note de synthèse est, pour partie une manière d'opérationnaliser ces différentes approches dites d'informatique scolaire *culturally responsive* ou *culturally relevant*, en considérant toutefois que la congruence, à la différence d'une approche purement adaptative, suppose un double mouvement vers un point de rencontre : il s'agit non pas d'adapter les contenus ou les méthodes pédagogiques, mais d'œuvrer à rendre les dispositions des apprenants (référentiel interne général) et les curricula (référentiel externe général) congruents dans un même mouvement d'équité au sein de situations ou de projets pédagogiques (référentiel externe local), par le biais d'une ingénierie pédagogique CRC (référentiel interne local) en amont et pendant les séances, tout en satisfaisant aux exigences pédagogiques du programme (ce qui constitue pour nous une exigence démocratique).

4.2.4. Du projet *PREP* à *PREP 2* : préparer enseignants et élèves

Dans le cadre du projet *PREP*, l'expérimentation longitudinale portait sur le développement de la pensée computationnelle (ou informatique) chez les élèves, en fonction du niveau social des écoles (nous avons utilisé les données de la DSDEN²¹¹ du Rhône pour caractériser le niveau socioéconomique des écoles). Les sept écoles ont effectué des activités de robotique scolaire durant trois ans, en suivant les mêmes scénarios pédagogiques et en utilisant le même matériel (robots, ordinateurs, tablettes). Ces scénarios ont été construits collectivement par les enseignants engagés dans le projet, durant les ateliers de formation et d'approfondissement.

²¹¹ Direction des Services Départementaux de l'Éducation Nationale.

Nous avons constaté que les élèves en CE2 en 2018 dans une école favorisée (Lyon 6^{ème}) ont obtenu des scores similaires voire supérieurs dans certaines dimensions du test de pensée computationnelle (Román-González et al., 2017), que les élèves de deux écoles défavorisées (Villeurbanne) trois ans plus tard en CM2 (2021) (Chaker, 2022, 2023). Avec toutes les limites et les biais de cette étude quasi-expérimentale, il apparaît pratiquement une différence de trois ans entre des élèves de niveaux socioéconomiques différents, en termes de performance au test standardisé. Par ailleurs, des résultats d'observation mais aussi d'enquêtes statistiques (le score de pensée informatique est davantage corrélé au niveau de français qu'au niveau en maths), montrent qu'une piste à explorer serait une meilleure compréhension de la consigne en français, ainsi qu'une personnalisation des interventions pédagogiques des enseignants (qui ont tendance à vouloir « déporter » vers la situation instrumentée, des solutions éventuelles aux problèmes rencontrés par les élèves, comme si le robot, en tant qu'artefact innovant, portait en lui toutes les solutions aux problèmes rencontrés par les élèves). Nous projetons, dans le cadre d'une suite au projet *PREP (PREP 2)*, de reconduire une expérimentation similaire, avec une meilleure préparation des enseignants à l'intervention et la différenciation pédagogiques lors d'activités instrumentées par des robots (nous avons par exemple montré qu'une configuration en îlots favorisait davantage les interventions de l'enseignante vers un seul élève ou le groupe d'élève dans Chaker et Njingang, 2020).

Il s'agit de prendre en compte les dispositions des élèves en termes de disparités de capital culturel (Fabiani, 2007 ; Draelants et Ballatore, 2014), également en termes de liberté donnée aux élèves. Les résultats d'une méta-analyse (Hwang et al., 2015) sur les résultats de l'enquête PISA sur 10 pays entre 2012 et 2015, proposent des pistes intéressantes : l'enseignement centré sur l'élève et basée sur l'enquête (*inquiry-based instruction*) accentue les différences selon le niveau socioéconomique des élèves (complexité des situations-problèmes, guidage minimal, etc.). Il s'agit donc ici de prendre en compte la congruence entre le référentiel interne général des élèves et la situation : cadrer et diriger davantage les activités des élèves présentant le plus de difficultés scolaires, afin d'intégrer la robotique scolaire dans une forme scolaire plus « classique ».

De plus, l'inefficacité des méthodes actives a été par exemple expliquée par Kirschner, Sweller et Clark (2006) : un guidage minimal durant l'activité peut conduire à des effets néfastes sur la mémoire de travail, et son lien avec la mémoire à long terme. Ces résultats sont en écho avec nos propositions théoriques : le format pédagogique (référentiel externe local : scénario pédagogique, interventions pédagogiques, action des pairs et système sociotechnique, voir

Figure 26 ci-dessous) incongruent entraîne une surcharge cognitive au détriment d'une charge utile à l'apprentissage. Si nous reprenons à notre compte le résultat de leur recherche, il est ainsi possible d'avancer que les apprenants puissent disposer de suffisamment de ressources cognitives propres, pour fournir une orientation « interne » et pallier le manque de guidage et d'étayage externe. Ces méthodes seraient donc « injustes » au regard des disparités socioculturelles et de différences interindividuelles car elles se basent sur les dispositions individuelles des élèves à s'autonomiser lors des activités de découverte par l'enquête. Il s'agit de proposer ici des modalités d'intervention et des méthodes pédagogiques proposant plus de cadrage, davantage congruentes avec les dispositions spécifiques des élèves (voir Figure 26 ci-dessous), qui pourraient être répartis au sein de groupes homogènes par exemple, comme lors d'enseignements adaptés à la diversité du public (Gay, 2018).

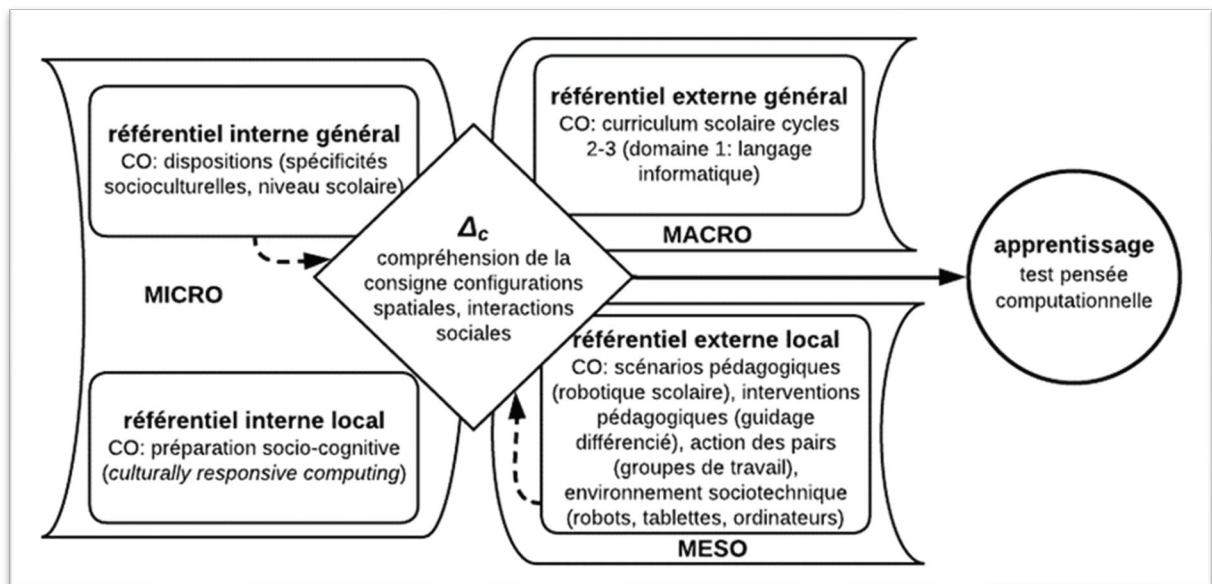


Figure 26. La MHD appliquée au programme de recherche PREP2.

De manière plus spécifique, et en nous appuyant sur la théorie de la cognition distribuée (Hutchins, 1995), les outils et environnements numériques devraient rendre apparent le travail cognitif pour l'accomplissement d'une tâche, en intégrant une trace visible de la suite des actions afin de pouvoir étendre l'horizon des observations des pairs-apprenants des disponibilités locales (dans ce cas les blocs de code informatique). Les robots pédagogiques étant programmables sur un support tel que les tablettes numériques, les commandes peuvent être vues comme un processus cognitif visible par l'ensemble des membres d'un groupe d'élèves (*visual programming language*, Tsai, 2019) : chacun peut ainsi examiner librement le code, commenter, et modifier de manière collaborative (le fait que le code soit visible via des

blocs allège la charge cognitive afférente à la tâche, Rose, Habgood et Jay, 2017). Par la suite, en rapport avec les lignes de codes, le comportement du robot (ses déplacements et réactions conditionnelles) peut être considéré comme le processus cognitif apparent observable par l'ensemble des élèves, rendant la tâche congruente avec le niveau de chacun.

4.2.5. La collaboration à distance à l'université et la régulation anticipatoire des émotions

Dans une recherche sur les échanges entre étudiants en M1 de sciences de l'éducation à distance sur la plateforme du Campus FORSE (Polo, Simonian et Chaker, 2022, 2023), nous analysons comment les étudiants accomplissent la tâche de groupe consistant à synthétiser la littérature scientifique à propos d'une problématique, par le biais de l'argumentation sur le forum de Moodle. En distinguant la régulation émotionnelle anticipatoire (Polo, Simonian et Chaker, 2022, 2023) de la régulation émotionnelle réactive (Järvenoja et Järvelä, 2013 ; Näykki, et al., 2017), nous montrons l'importance d'établir et de maintenir un climat de travail constructif afin de tirer le meilleur parti des désaccords tant sur le plan social que cognitif. Plus précisément, un groupe a résolu le conflit de manière anticipée et autonome, tandis qu'un autre a dû faire appel à la régulation externe de l'enseignant (donc *a posteriori*). La littérature sur la régulation des émotions traite généralement de l'identification des défis socio-émotionnels et des stratégies que l'enseignant ou les étudiants, individuellement ou en interaction, développent pour y faire face (*cope*) (par exemple, Järvenoja et Järvelä, 2009). Cette régulation constitue donc plutôt un processus réactif, plutôt que préparatoire, aux émotions « négatives » qui menacent le processus d'enseignement-apprentissage. Inversement, une régulation émotionnelle « positive » est traitée par la littérature comme étant liée à une forme de veille (*monitoring*), à l'évaluation, à l'adaptation et aux anticipations des interactions qui pourraient survenir au sein du groupe, afin de maintenir un climat de travail favorable aux échanges et à l'apprentissage²¹².

A notre connaissance, aucun cadre conceptuel n'intègre suffisamment dans la théorie de la régulation le travail interactif de création d'un climat d'apprentissage positif par le procédé de

²¹² Cette régulation peut prendre la forme d'encouragements (Bakhtiar et al., 2018), de compliments (Lajoie et al., 2015), de motivation (Bakhtiar et al., 2018), de soutien socio-émotionnel (Isohäätä, Näykki et Järvelä, 2019) et prise en compte des points de vue divergents (Isohäätä et al., 2018). Néanmoins, certaines interventions sont plus complexes, et nécessitent de la part des participants des dispositions sous la forme de compétences sociales de plus haut niveau, qui peuvent s'acquérir par la pratique. Il s'agit de formes de régulation discursive plus implicite, peut-être plus exigeante cognitivement parlant : l'écoute attentive et l'ouverture aux idées divergentes (Ucan et Webb, 2015) ; des signes d'écoute conjointe et de respect, d'inclusion et de cohésion de groupe (Rogat et Linnenbrink-Garcia, 2011) ; la démonstration d'un sentiment de communauté (Kwon et al., 2014) ; la participation conjointe (Isohäätä, Näykki et Järvelä, 2019) ; la prudence des affirmations et la détente modérée des tensions (Isohäätä et al., 2018).

techniques comportementales et langagière anticipatoires, en amont de l'apparition des tensions socio-émotionnelles potentielles, comme une préparation émotionnelle et cognitive à l'activité, sous forme de référentiel interne local (voir Figure 27 ci-dessous), qui deviendrait général sous forme dispositionnelle une fois ces pratiques installées. Nous suggérons, dans cette recherche, la reconnaissance d'une telle régulation émotionnelle anticipatoire, par le biais d'une préparation en amont (que nous nommons *emotion regulation readiness*). Il s'agit alors pour l'environnement de travail, autrement dit les disponibilités externes locales, d'être *affordantes* en vue de l'actualisation de cette préparation : est-ce que le référentiel externe local (le scénario et interventions de l'enseignant, les outils numériques à disposition, l'ergonomie de la plateforme, la disposition des étudiants, la modalité des échanges synchrones ou asynchrones), rend possible l'actualisation de cette *readiness* à réguler les émotions au cours d'une activité ? Notre recherche a notamment montré que les deux groupes ont utilisé le forum pour les échanges asynchrones, en vue d'effectuer les tâches et pour la régulation émotionnelle anticipatoire associée, mais cela n'était pas suffisant pour permettre la prise de décision concernant l'organisation du travail de groupe, et la régulation émotionnelle réactive. Cette dernière a nécessité une médiation par la communication synchrone, néanmoins via différents outils en fonction du groupe (groupe WhatsApp ou Discord).

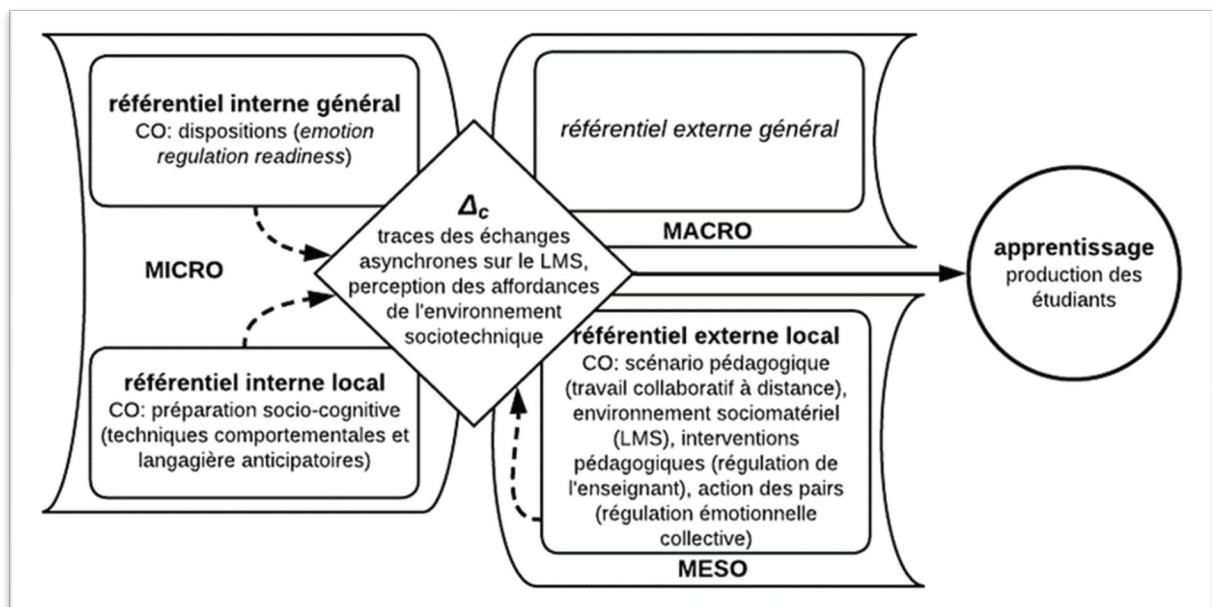


Figure 27. Le programme de recherche sur la collaboration à distance et *emotion regulation readiness* analysé via la MHD (LMS : Learning Management System).

Nous projetons, dans le cadre du Campus FORSE, de continuer les recherches sur l'*emotion regulation readiness* afin de l'identifier dans différents contextes pédagogiques et de manière plus systématique, en prenant en compte un plus grand nombre de sujets. Le but étant également

de travailler par suite sur la manière dont, via l'ingénierie pédagogique et de manière quasi-expérimentale, il serait possible pour l'enseignant de fournir les conditions permettant aux étudiants, dans un premier temps, de favoriser leur disposition à l'*emotion regulation readiness*, puis dans second temps, de la mettre en œuvre au sein des groupes lors des tâches qui leur sont données.

4.2.6. Le projet *FIDELIS* : application de la MHD dans le domaine de l'IA (étudier la congruence entre modèles généraux/locaux et niche écologique pour comprendre la performance d'un système distribué)

Le projet *FIDELIS* (*Frugal, Intelligent, Distributed, and Embedded Learning for Structural Health Monitoring*, soumission ANR AAPG 2024²¹³, porté par Fabien Mieyeville, Université Lyon 1), entre le laboratoire ECP (Université Lumière Lyon 2), le Laboratoire Ampère (Université Claude Bernard Lyon 1), CITI Lab (INSA Lyon) et le LTDS (Centrale Lyon), tente de joindre les paradigmes de l'informatiques ambiante et de la cognition incarnée et distribuée, dans le but d'approfondir nos connaissances de l'apprentissage en intelligence embarquée²¹⁴ (*edge-computing* et *mist-computing*) dans un environnement contraint, considérant que la différence fondamentale entre l'intelligence humaine et l'intelligence artificielle telle que présente aujourd'hui est que la première est incarnée, alors que la deuxième ne l'est pas (malgré des tentatives depuis les années 90) (Chemero, 2023). Ce qui manque précisément aux modèles informatiques est la prise en compte, comme le font les humains, de la connexion étroite entre l'expérience et l'action, entre la culture et l'écriture, le tout inscrit dans un même contexte (Chemero, 2023). Je suis responsable du *WP5 Social Learning* : comportement social des communautés de capteurs, dont l'objectif est de construire et de transférer des métriques et des indicateurs permettant aux *WPI* (contexte matériel), *WP2* (recueil de données), *WP3* (implémentation physique des objets) et *WP4* (comportement des agents, apprentissage incarné), de mieux comprendre les phénomènes observés et de lever les verrous scientifiques, en fournissant un cadre multidisciplinaire impliquant le paradigme de la cognition distribuée (*i.e.* niche écologique, système local, apprentissage incarné, propagation des états représentationnels, couplage structurel) et les concepts d'informatique distribuée (systèmes

²¹³ A l'heure où nous écrivons ces lignes, le consortium a été invité à soumettre en étape 2 la proposition définitive détaillée du projet *FIDELIS*.

²¹⁴ Deux enjeux majeurs de l'intelligence embarquée sont pour le moment peu explorés : l'optimisation voire la minimalisation du coût énergétique de l'apprentissage et l'influence de la contrainte en ressources (faible capacité calculatoire, faible mémoire, faible énergie disponible) sur les modèles d'apprentissage informatique. Par ailleurs, les perspectives qu'offre la mise en réseau sur l'apprentissage embarqué et en particulier sur l'évolution des modèles et de leurs performances ont été peu explorées.

embarqués distribués, apprentissage fédéré, réseaux de capteurs).

Le travail de recherche dans le cadre du projet *FIDELIS* a pour but d'aider les chercheurs en informatique à mieux comprendre des spécialisations émergeant avec le temps, d'objets distribués en réseau alors qu'ils sont, en théorie, conditionnés par le même environnement. Dans les deux cas (*ambient machine learning* et cognition distribuée), il s'agit d'étudier l'effet potentiellement différencié de l'environnement sur la manière dont un système et ses composants apprend de manière évolutive, locale et active. L'application est un cas d'agents (nœuds) de capteurs distribués sur une plaque vibrante, dans un processus circulaire d'énergie (les agents sont alimentés par des vagues de vibrations de la plaque, qui est alimentée à son tour par la vibration des agents). Une fois le modèle général déployé dans les agents (*top-down*), la liberté est donnée localement aux agents de développer leur propres modèles – de spécialisation – à mesure du temps, et ainsi propager ces modèles dans le réseau (*bottom-up*), qui adopte le modèle consensuel le plus performant en fonction des objectifs du système (ici l'intelligence frugale)²¹⁵ et le redistribue au système (*top-down* à nouveau). La congruence entre caractéristiques des objets (modèles généraux et locaux via des spécialisations différenciées obtenues grâce à un degré de liberté accordé aux agents) et celles de l'environnement (niche écologique, structure locale) pourra donner lieu à la performance du système en termes d'intelligence frugale distribuée embarquée, et ainsi comprendre comment le système est performant (voir Figure 28 ci-dessous). Il s'agit d'identifier des clôtures opérationnelles locales, et analyser comment se comporte le reste des agents connectés par rapport à chaque clôture observée, et ainsi identifier comment se propagent les vagues (guidées) de vibration à travers la distribution des agents sur la plaque vibrante.

²¹⁵ Un agent qui apprend, c'est en fait le système qui apprend en se réajustant via l'apparition de nouvelles contraintes (Hutchins, 1995).

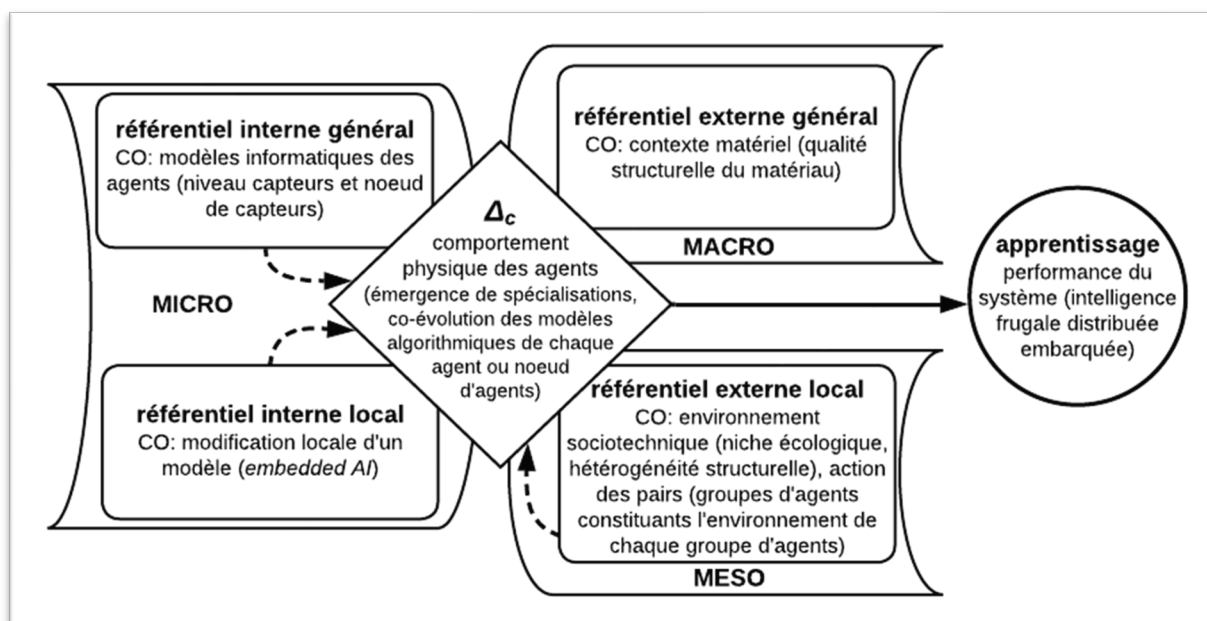


Figure 28. Le programme de recherche FIDELIS analysé via la MHD.

Du point de vue anthropologique, dans les interactions humains-environnement, la spécialisation dans les apprentissages (Conein, 2004)²¹⁶, la prépondérance de l'émergence de certaines typologies d'apprentissage dans le cadre de modèles partagés, l'émergence de certains rôles dans le réseau, l'influence des ressources sur les apprentissages, sont des éléments ou des facteurs pris en compte dans les différentes approches évolutionnistes à partir du paradigme distribué de la cognition.

En prenant garde de ne pas tomber dans les pièges de l'anthropomorphisme (Dahan, Queenton et Abdallah, 2022), caractériser l'environnement proche de chaque réseau local distribué nous aidera à comprendre pourquoi les modèles (entrée-fonction-sortie) de comportement ont divergé avec le temps (distribution temporelle de l'apprentissage). L'apprentissage actif des agents se fait en réaction à l'environnement sociomatériel, en exploitant les ressources énergétiques de celui-ci, l'environnement – limité – étant lui-même modifié à son tour (couplage structurel ou clôture opérationnelle objet-environnement temporelle). A notre connaissance, peu de recherches existent actuellement sur cette approche (adossement des méthodes d'apprentissage de l'IA embarquée en s'appuyant sur les paradigmes de la cognition

²¹⁶ Une étude de Stout et collègues (2011) montre que la cognition sociale humaine est évolutive, et liée à un apprentissage cumulatif. L'expertise est distribuée au sein du groupe: la psychologie évolutive explique que l'être humain a compté sur l'expertise des autres membres du groupe pour développer le sien. La distribution des tâches cognitives a ainsi permis à chaque membre du groupe de développer sa propre expertise. Cette évolution différenciée, accompagnée de l'interdépendance cognitive entre les membres (Conein, 2004), a permis l'évolution du groupe.

distribuée et de niche écologique), seulement quelques travaux embryonnaires (Naveed Uddin, 2019 ; Sawayama, Lemesle et Oudeyer, 2022). Appliquer le principe de congruence entre les caractéristiques de sujets couplées à un environnement sociomatériel, nous permet de formaliser son existence du point de vue du flux d'information dans une niche écologique.

Le projet *FIDELIS* pourrait conduire au développement de méthodologies et d'outils visant à réduire le fossé entre la cognition humaine et l'intelligence artificielle, en entraînant un changement de paradigme dans la façon dont nous comprenons et mettons en œuvre les systèmes d'apprentissage automatique. Le développement de systèmes conscients du contexte (*context-aware systems*) dans l'apprentissage machine fédéré peut contribuer à rendre l'IA plus incarnée (*embodied*, Chemero, 2023), en créant des modèles de systèmes plus sensibles aux subtilités de leur environnement.

Conclusion

« Nous, les humains, confrontés aux limites de la connaissance et aux choses que nous n'observons pas, à l'invisible et à l'inconnu, résolvons la tension en comprimant la vie et le monde dans des idées croustillantes et marchandisées, des catégories réductrices, des vocabulaires spécifiques et des récits préemballés, ce qui, à l'occasion, entraîne des conséquences explosives ».

Nassim Nicholas Taleb (2010). *The Bed of Procrustes*.

Un paradigme basé sur la cognition distribuée à partir de l'étude du phénomène de congruence s'écarte du principe énoncé spécifique à l'autopoïèse, au sens originel : l'organisme (humain, notamment) n'opère pas uniquement de manière auto-référencée, sans recours à des modèles du monde, et sans effets distaux de phénomènes éloignés. Notre approche distribuée, cognitive, culturelle et temporelle, vise à renforcer l'hypothèse d'incorporation de schèmes modaux dans un processus explicite et implicite (Lakoff et Johnson, 1999), fruit d'expériences passées, construits de manière incrémentales et indissociables de ce qui fait l'unicité de chaque individu. Ce dernier est autant le produit de son histoire socioculturelle, que de sa propension profonde à persévérer dans son être. Cet élan vital le mène à rechercher la congruence entre le monde qui l'entoure et ce qui fonde son référentiel personnel culturel et social, son unicité. Ces modèles internes participent de l'émergence de la cognition en situation, en fonction des catégorisations des percepts, via le rôle restructeur de la mémoire.

Un autre positionnement concerne l'aspect systémique et mécaniste de l'autopoïèse : la quête de congruence, ou d'homéostasie, pour reprendre un langage énoncé, ne constitue pas un processus purement mécanique de retour à l'équilibre. Nous avons tenté de démontrer que la quête de congruence, si elle possède une dimension implicite, portée par les biais cognitifs (notamment celui de la confirmation), possède également une dimension doublement explicite :

- 1) le sujet cherche la congruence de manière consciente afin de faire persévérer son être culturel et social, en recherchant des situations compatibles avec ses normes sociales internalisées, ou à intégrer des groupes sociaux présentant des caractéristiques socioculturelles proches du sien ;
- 2) le sujet recherche également le retour à une situation congruente, en développant des

stratégies cognitives (sensori-motrices et sociocognitives), afin de modifier la situation incongruente d'un point de vue épistémique et pragmatique, pour la rendre significative à nouveau. Cette construction incrémentale suppose alors non pas un retour à un équilibre ancien, mais le développement vers un équilibre nouveau (cf. le concept d'homéorhésie, Waddington, 1957/2014).

D'un point de vue praxéologique, nous percevons plusieurs utilités de mise à l'épreuve du phénomène de congruence dans une visée scientifique, notamment pour les recherches en sciences de l'éducation et de la formation et, plus restrictivement, pour les technologies de l'éducation et les EIAH (Environnements Informatisés pour l'Apprentissage Humain) :

- Le phénomène de congruence peut être mis à l'épreuve de contextes macrologiques de crise, pour comprendre la reconfiguration des pratiques des acteurs du système éducatif, comment ils réagissent en créant ou innovant (par exemple la crise sanitaire du COVID a offert un terrain propice à l'observation de reconfigurations organisationnelles et humaines de l'activité : hybridation et numérisation des enseignements en urgence, déploiement de systèmes socionumériques, essor du télétravail, etc.)²¹⁷.
- La congruence peut permettre de comprendre, du point de vue des théories situées de la cognition, ce qu'il se passe dans « l'espace vide entre le niveau social et le niveau neuronal », et ce qu'il se passe entre une approche passive de l'apprentissage (en réaction à un contexte, via des percepts), et une approche active en agissant directement sur l'environnement (Dillenbourg, 1996)²¹⁸.
- La congruence, comprise dans une approche située et distribuée de la cognition, peut constituer une réponse possible à la prise en compte de facteurs micro-méso-macro, afin de mieux comprendre les problèmes de répliquabilité en psychologie en général, et à celle

²¹⁷ A ce propos, un rapprochement conceptuel peut être fait, d'un côté entre le *delta* de congruence, en tant que tension, espace, créés entre un premier référentiel normal (du point de vue probabiliste) et une situation imprévue ; et de l'autre côté avec le « Cygne Noir » (Taleb, 2010). Ce dernier est un événement hautement improbable, mais dont différentes versions ont jalonné notre histoire. Ces événements sont des cygnes noirs, c'est-à-dire qu'ils n'étaient pas attendus par la communauté des humains, pour la raison que les modèles et les connaissances basés sur l'empirisme ne pouvaient par définition prétendre prédire ce qui est par définition imprévisible. Dans la perspective de mieux se préparer aux événements imprévus, Taleb (2010) explique que, comme pour le *delta* de congruence, ce qui importe alors n'est pas tant ce que l'on sait, mais ce que l'on ne sait pas (encore).

²¹⁸ « D'une part, nous avons le niveau neuronal et d'autre part, nous avons le niveau de la société, et il n'y a presque rien entre les deux [...]. Au niveau de la société, vous avez des sociologues et des anthropologues (des personnes comme Jean Lave, Lucy Suchman, Etienne Wenger, et ainsi de suite) qui font un travail très intéressant sur l'intégration des individus dans des communautés de pratique, etc. Mon problème est qu'il n'y a rien là au milieu. Je crois qu'il devrait y avoir quelque chose au milieu, quelque chose comme un 'niveau d'agent' ou peut-être un 'niveau de connaissance' » Dillenbourg, 1996, p. 162).

concernant la théorie de la charge cognitive en particulier (Sweller, 2023), en prenant en compte le couplage entre les facteurs individuels et les caractéristiques du cadre sociomatériel et technopédagogique.

- La congruence peut être mobilisée pour comprendre le fonctionnement des systèmes cognitifs, via la prise en compte du contexte politique et des jeux de pouvoir entre les individus. Jusqu'à présent, ces dynamiques se situent hors du champ de recherche sur la cognition. Par exemple, les programmes politiques peuvent expliquer comment les disparités de statut influencent les interactions sociales (par exemple, Linde, 1988), ou encore comment des sujets se comportent dans le contexte d'une arène politique plus large (Moore et Rocklin, 1998), comme effets distaux sur le système cognitif local (Halverson et Clifford, 2006)²¹⁹.
- Cependant, attention aux congruences cachées qui influent sur les événements, mais qui sont hors de notre horizon des observations. Par définition, nous ne pouvons les observer puisque nous ne possédons pas (encore) les outils adéquats, mais ils font partie des principes actifs sous-jacents entrant en jeu dans les phénomènes éducatifs que l'on cherche à analyser.

Un autre positionnement concerne la sur-attribution des phénomènes cognitifs aux processus cognitifs internes eux-mêmes, sans les relier aux processus externes, relève d'enjeux culturels significatifs : cela influence la manière dont nous percevons et expliquons les différences culturelles entre des groupes humains. Le résultat serait alors de tomber dans une sorte d'universalisme maximaliste²²⁰, qui considérerait la cognition humaine (interne au sujet) comme l'unité centrale de tous les processus cognitifs observables à l'œil nu, et donc par extension aux procès culturels. Hutchins (1995) a bien décrit les écueils d'un tel piège :

Un effet secondaire surprenant d'une frontière clairement définie entre l'intérieur et l'extérieur est qu'il renforce l'idée que les individus des cultures primitives ont des esprits primitifs. Le tracé strict de la frontière entre l'intérieur et l'extérieur crée l'impression que les esprits individuels fonctionnent en isolation et nous encourage à confondre les propriétés des systèmes socioculturels complexes avec les propriétés des esprits individuels. Si l'on croit que la technologie est le résultat des capacités cognitives et si l'on croit en outre que le seul endroit où

²¹⁹ Halverson et Clifford (2006), dans les analyses à partir de la cognition distribuée, « se concentrer sur les tâches et les artefacts peut contourner les dimensions sociales, négliger les motivations des individus à s'engager dans le changement ou à y résister, et ignorer les structures micropolitiques destinées à protéger les pratiques pédagogiques contre l'inspection et l'intervention externes. Ces problématiques demeurent des aspects sociopolitiques clés de tout effort visant à modifier les pratiques d'enseignement et d'apprentissage. Cependant, aucun cadre analytique ne peut [encore] aborder tous les aspects d'un problème complexe » (p. 612).

²²⁰ Sans vouloir tomber dans l'excès inverse, celui de l'indifférentisme éthique ou du relativisme absolu (Feyerabend, 1999) !

chercher les sources des capacités cognitives est à l'intérieur des esprits individuels, alors les différences observées dans le niveau de technologie entre une culture "technologiquement avancée" et une culture "technologiquement primitive" seront inévitablement perçues comme une preuve d'esprits avancés et primitifs (p. 355).

Justement, l'enjeu pour les sciences de l'éducation et de la formation de s'emparer de l'étude des phénomènes éducatifs par le biais de l'analyse des processus cognitifs distribués, contribuerait à « sortir les processus cognitifs du seul champ des neurosciences » (Millet, 2022, p. 2), et en constituer un objet d'étude, qui serait pluridisciplinaire, mais surtout légitime pour les sciences de l'éducation et de la formation (SEF). Puisque la cognition se distribue, les SEF peuvent constituer une jonction entre sciences sociales et sciences cognitives, en proposant un cadre théorique afin de combler les difficultés méthodologiques de la séparation pour l'observateur entre localité et non-localité. A partir d'un paradigme distribué et du principe de congruence, les sciences de l'éducation pourraient alors effectuer un travail d'analyse en ce qui concerne les acquis informels, non formels et formels, et leur mobilisation en situation d'apprentissage. On acquiert ainsi des dispositions perceptives, cognitives, culturelles, qui seront plus ou moins congruentes avec la situation pédagogique, et produire les résultats recherchés en fonction des caractéristiques sociomatérielles de la situation.

Si les différents processus de socialisation disposent les individus de manière différentielle, la valorisation sociale des traits et conduites culturels est arbitraire, et dépend des normes et des valeurs d'une société au cours d'une séquence historique donnée. L'incorporation des traits culturels, puis leur mobilisation cognitive en situation, se font presque « mécaniquement », même si les résultats obtenus (après une conduite, un investissement cognitif produit, etc.) peuvent produire des résultats différenciés en fonction des exigences sociales et cognitives d'une situation. La réaction des autres, ou plus généralement, l'interactionnisme social, fournit au sujet des clés de compréhension et des indicateurs d'évaluation de sa propre conduite, en plus de son auto-évaluation de la congruence entre son *self* cognitivo-culturel et les propriétés de l'environnement dans une situation donnée. L'individu obtient ainsi un référentiel de base pour ses conduites ultérieures. La dimension collective des processus cognitifs le conduit à ré-évaluer constamment ses processus cognitifs conscients à l'œuvre, en fonction de chaque situation sociale, en évitant au maximum les situations de non-congruence, car plus coûteuses²²¹.

²²¹ « On peut envisager ainsi un "cognitif cristallisé" (langue, contenu des activités sociales, disciplines, culture matérielle, technologies, etc.), qui exerce des fonctions d'orientation et socialisatrices, où puisent les manifestations individuelles, et dont le siège est en un certain sens extra-individuel » (Millet, 2022, p. 9).

Le présent travail propose en définitive sept idées force :

- La cognition est étendue et distribuée dans l'environnement : elle s'incarne dans la situation d'apprentissage, qui constitue un système cognitif couplant les sujets et les artefacts.
- La cognition est distribuée dans le temps : elle procède d'intériorisations successives de dispositions à mesure des moments socioculturels vécus par les sujets, qui les préparent aux perceptions futures. Ces dispositions, comme constituants opérationnels de leur référentiel interne, peuvent prendre la forme de schèmes modaux (sensori-moteurs).
- La disposition est située : elle n'existe qu'en tant qu'elle est actualisée en situation, en fonction de la congruence entre le référentiel interne du sujet et les caractéristiques cognitives, sociomatérielles et culturelles du cadre de l'action (les référentiels externes).
- Les sujets recherchent une congruence entre leur référentiel interne et la situation d'apprentissage, ou les cadres sociaux en général.
- L'écart de congruence constitue, du point de vue socioconstructiviste, une zone de développement individuel, dans lequel les sujets énaquent la cognition et créent la culture par une dialectique d'internalisation/externalisation.
- Les sujets, pour agir, peuvent mobiliser leur référentiel interne local et général, mais également les référentiels externes présents dans l'environnement, c'est-à-dire au niveau local, ou au niveau général, via l'inférence active.
- Pour étudier les phénomènes éducatifs de la manière la plus compréhensive possible, la méthode hiérarchique distribuée permet de procéder par couplage structurel du niveau macro au niveau micro, c'est-à-dire en identifiant les variables projetées des plus distales (de temps et d'espace) aux variables observables en situation, en mobilisant les connaissances scientifiques des champs disciplinaires pertinents.

Enfin, la congruence est considérée comme immanente, en étant une manière de se saisir du réel et du sens de ce réel. Elle pourrait ainsi constituer ce trait d'union entre l'empirisme et la neutralité axiologique constitutive de l'approche phénoménologique (telle que postulée par Husserl, notamment)²²². Pour faire le lien entre le vécu individuel, les internalisations

²²² Il serait alors possible de proposer une acception déflationniste d'une phénoménologie constitutive d'une philosophie transcendantale. En effet, « la phénoménologie est redevable de plusieurs éléments à l'empirisme, et Husserl n'a pas cherché à dissimuler cette dette » (Röllli, 2011, par. 4).

conscientes et non conscientes, et les propriétés d'une situation *on-line*, le cerveau agirait comme un « corrélateur » (Vandaele, 2007) « entre les propriétés des signaux et des scènes pour donner naissance à la conscience » (Edelman, 1992, p. 230, cité par Vandaele, 2007). D'un point de vue évolutif, la structure du cerveau serait influencée de manière incrémentale par ces situations sociales et culturelles, ces moments sociaux successifs, et cette structure présiderait à l'émergence de la cognition en situation (Tomasello, 2001). Ces allers-retours ascendants et descendants semblent permettre de mieux se saisir du principe sémio-constructiviste propre à l'énaction, sans toutefois se laisser aller au tout-venant constructionniste culturel²²³ au sens de Pharo (2011). La cognition serait donc « sociomatérielle », en ce qu'elle procède des conditions de son émergence. Notre conscience serait ainsi présidée par ces corrélations, ces congruences phénoménologiques *et* immanentes. Poussés par notre persévérance dans notre être, nous irions jusqu'à dire que la conscience émerge parce que, en boucles rétroactives, notre esprit incarné relie nos expériences passées, ce qui nous constitue, et les cadres socioculturels quotidiens, dans une dynamique énative en reconnaissance du réel : c'est ainsi que notre *conatus* se projette dans le monde. Nos comportements, nos affects et nos choix sont une résonance lointaine des moments socioculturels vécus, et les situations participent de nous définir.

Si l'Homme n'est pas un empire dans un empire, il est au moins un corps politique inscrit dans un régime plus grand que lui. Nos propositions, pour synthétiser, relèvent d'une contingence restreinte, et non d'un libre-arbitre hors sol, détaché d'un ancrage social, culturel et historique. Cet écho lointain, provenant de notre évolution, mais aussi plus proche de nous dans notre propre vécu, est inscrit dans notre *conatus*. Nous pourrions ainsi remonter le temps afin de comprendre certaines prémices dont procèdent nos actions, nos choix et nos affects²²⁴. Dessiner une cartographie modélisant la genèse des humains et des choses, ne constitue pas nécessairement pour nous une visée purement déterministe, mais plutôt une interprétation immanentiste dépendante de contingences inscrites dans une séquence historique et socioculturelle.

²²³ D'après Hacking (2001), le constructionnisme regroupe « différents projets sociologiques, historiques et philosophiques ayant pour but de montrer ou d'analyser des interactions sociales ou des chaînes de causalité réelles, historiquement situées, ayant conduit à, ou ayant été impliquées dans la mise en évidence ou l'établissement de quelque entité ou fait présent » (Hacking, 2001).

²²⁴ Tout en se gardant de tomber dans le piège sophiste de l'homocule et de son corollaire de régression à l'infini (Gregory, 1987).

Références

Adell-Gombert, N. (2011). *Anthropologie des savoirs*. Armand Colin.

Agostinho, S., Tindall-Ford, S., Ginns, P., Howard, S. J., Leahy, W., & Paas, F. (2015). Giving learning a helping hand: Finger tracing of temperature graphs on an iPad. *Educational Psychology Review*, 27, 427-443.

Agostini, E., & Francesconi, D. (2021). Introduction to the special issue “embodied cognition and education”. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 20(3), 417-422.

Albelbisi, N., Yusop, F. D., & Salleh, U. K. M. (2018). Mapping the factors influencing success of massive open online courses (MOOC) in Higher Education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(7), 2995-3012.

Albero, B. (2017). Production de connaissances et action éducative. Dans *Athéna. La recherche sur l'éducation* (vol. 2, p. 17-18).

Albero, B. (2019). Les sciences de l'éducation au XXIe siècle: vers une consolidation disciplinaire de la section? *Les dossiers des sciences de l'éducation*, (41), 21-42.

Albero, B., & Kaiser, A. (2009). La formation à distance sélectionne un public d'autodidactes: résultats réflexifs à partir d'une enquête à visée exploratoire. *Savoirs*, (3), 065-095.

Albero, B., & Simonian, S. (2021). L'enquête comme vecteur d'affordance et le terrain comme écosystème: remise à l'étude de la relation chercheur-informateur à l'aune de l'approche écologique. *Travail et apprentissages*, 21(1), 10-27.

Alberti, F., Bodart, D., & Michaud, P.-A. (Curators) (2022). *Gribouillage / Scarabocchio*. Da Leonardo da Vinci a Cy Twombly [Exhibition]. Accademia di Francia a Roma – Villa Medici, Roma.

Amable, B., & Palombarini, S. (2005). L'économie politique n'est pas une science morale. *Lectures, Publications reçues*.

Amadiou, F., & Tricot, A. (2014). Apprendre avec le numérique: mythes et réalités. Retz.

Amblard, H., Bernoux, P., Herreros, G., Livian, Y.-F. (1996). Les nouvelles approches sociologiques des organisations (coll. Sociologie).

- Amedeo, D., Golledge, R. G., & Stimson, R. J. (2008). *Person-environment-behavior research: Investigating activities and experiences in spaces and environments*. Guilford Press.
- An, B. P. (2013). The influence of dual enrollment on academic performance and college readiness: Differences by socioeconomic status. *Research in Higher Education*, *54*, 407-432.
- Annot, E., Chaker, R. et Simonian, S. (2021). Liberté pédagogique et tutorat : le cas du Mardif initié par Jacques Wallet. *Distances et Médiations des Savoirs*, *34*.
<https://doi.org/10.4000/dms.6399>
- Anzieu, D., et Martin, J. Y. (1968). *La dynamique des groupes restreints*.
- Apostol, P. (2021). De la cognition incarnée au corps cognitivisé. *Studia Universitatis Babeș-Bolyai-Philosophia*, *66*(2 Suppl.), 15-24.
- Astier, P. (2003). La fonction «situante» de l'activité: le cas d'une blanchisserie industrielle. *Recherche & formation*, *42*(1), 75-85.
- Astier, P., Gal-Petitfaux, N., Leblanc, S., Sève, C., Saury, J., & Zeitler, A. (2003). Les approches situées de l'action: quelques outils. *Recherche & formation*, *42*(1), 119-125.
- Astolfi, J.P. (1997). Les mutations du paysage pédagogique. In J.C. Ruano-Borbalan (dir.), *Éduquer et former* (p. 21-31). Dijon: Éditions sciences humaines.
- Attewell, P. (2001). Comment: The first and second digital divides. *Sociology of education*, *74*(3), 252-259.
- Audran, J. (2010). *Dispositifs et situations* (Habilitation à diriger des recherches, Université Paris Descartes).
- Ayres, P. (2006). Using subjective measures to detect variations of intrinsic cognitive load within problems. *Learning and instruction*, *16*(5), 389-400.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.09.001>
- Bachelet R., & Chaker R. (2017). Toward a Typology of MOOC Activity Patterns. In: Delgado Kloos C., Jermann P., Pérez-Sanagustín M., Seaton D., White S. (eds) *Digital Education: Out to the World and Back to the Campus. EMOOCs 2017. Lecture Notes in Computer Science*, vol 10254, pp. 134-139. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59044-8_15
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory (Vol. 8). New York: GA Bower (ed), *Recent advances in learning and motivation*.
- Bakhtiar, A., Webster, A., & Hadwin, A. F. (2018). Regulation and socio-emotional interactions

- in a positive and a negative group climate. *Metacognition and Learning*, 13(1), 57–90.
- Ballard, D. H., Hayhoe, M. M., Pook, P. K., & Rao, R. P. (1997). Deictic codes for the embodiment of cognition. *Behavioral and brain sciences*, 20(4), 723-742.
- Baluteau, F. (2014). La différenciation pédagogique: quels modes d'explication sociologique?. *Revue française de pédagogie*, 188, 51-62.
- Bandura, A. (1982). Self-efficacy mechanism in human agency. *American psychologist*, 37(2), 122.
- Bandura, A. (1986). *Social Foundations of thought and action. A Social Cognitive Theory*. Prentice-Hall.
- Bara, F., & Tricot, A. (2017). Le rôle du corps dans les apprentissages symboliques: apports des théories de la cognition incarnée et de la charge cognitive. *Recherches sur la Philosophie et le Langage*, 33, 219-249.
- Barandiaran, X., & Moreno, A. (2008). Adaptivity: From metabolism to behavior. *Adaptive Behavior*, 16(5), 325-344.
- Baron, J. (2000). *Thinking and deciding*. Cambridge University Press.
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annu. Rev. Psychol.*, 59, 617-645.
- Bateson, G. (1972). *An ecology of mind*. New York: Ballentine.
- Bateson, G., Jackson, D. D., Haley, J., & Weakland, J. (1956). Toward a theory of schizophrenia. *Behavioral science*, 1(4), 251-264.
- Bationo-Tillon, A. & Rabardel, P. (2015). 5. L'approche instrumentale : conceptualiser et concevoir pour le développement. Dans : Françoise Decortis éd., *L'ergonomie orientée enfants: Concevoir pour le développement* (pp. 109-145). Presses Universitaires de France.
- Béguin, P. et Clôt, Y. (2004). L'action située dans le développement de l'activité, *@ctivités*, 1(2), 27–49.
- Ben Hador, B. (2017). Three levels of organizational social capital and their connection to performance. *Journal of Management Development*, 36(3), 348-360.
- Benoit-Smullyan, E. (1944). Status, status types, and status interrelations. *American Sociological Review*, 9(2), 151-161.
- Berberat, S., Rosat, D., & Kouadio, A. (2021, June). Quelles motivations à télétravailler? Étude

exploratoire en contexte post-confinement. In *Journée de Recherche IP &M Juin 2021 «Et maintenant? Quelles propositions du management? Quels questionnements épistémiques?»* (pp. 113-135).

Berrouk, S., & Jaillet, A. (2013). Les fonctions tutorales: pour un déséquilibre dynamique. *Distances et médiations des savoirs, 1*(2).

Berthoz, A. (2017). *The vicarious brain, creator of worlds*. Harvard University Press.

Best, J. R. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental review, 30*(4), 331-351.

Biard, N., Cojean, S., & Jamet, E. (2018). Effects of segmentation and pacing on procedural learning by video. *Computers in Human Behavior, 89*, 411-417.

Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2011). Making things hard on yourself, but in a good way: Creating desirable difficulties to enhance learning. *Psychology and the real world: Essays illustrating fundamental contributions to society, 2*(59-68).

Blasius, J., & Friedrichs, J. (2003). Les compétences pratiques font-elles partie du capital culturel? *Revue française de sociologie, 44*(3), 549-576.

Bohnert, M., & Gracia, P. (2021). Emerging digital generations? Impacts of child digital use on mental and socioemotional well-being across two cohorts in Ireland, 2007–2018. *Child Indicators Research, 14*, 629-659.

Bohnert, M., & Gracia, P. (2021). Emerging digital generations? Impacts of child digital use on mental and socioemotional well-being across two cohorts in Ireland, 2007–2018. *Child Indicators Research, 14*, 629-659.

Boltanski L., & Thévenot, L. (1991). *De la justification. Les économies de la grandeur*. Gallimard.

Boltanski, L., & Chiapello, E. (1999). *Le nouvel esprit du capitalisme*. Gallimard.

Bourdieu, P. (1980). *Questions de sociologie*. Editions de Minuit.

Bove L. (1997). *La Stratégie du Conatus*. Paris: Vrin.

Bove, L. (2005). Le corps sujet des contraires et la dynamique prudente des *dispositiones corporis*. *Astéris*. Philosophie, histoire des idées, pensée politique, (3).

Bozkurt, A., & Keefer, J. (2018). Participatory learning culture and community formation in connectivist MOOCs. *Interactive Learning Environments, 26*(6), 776-788.

<https://doi.org/10.1080/10494820.2017.1412988>

Bozkurt, A., Akgün-Özbek, E., & Zawacki-Richter, O. (2017). Trends and patterns in massive open online courses: Review and content analysis of research on MOOCs (2008-2015). *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 18(5), 118-147.

Bran, A., & Vaidis, D. C. (2022). Nouveaux horizons sur la dissonance cognitive: développements récents, modèles intégratifs et pistes de recherche. *L'Année psychologique*, (1), 149-183.

Breslow, L., Pritchard, D. E., DeBoer, J., Stump, G. S., Ho, A. D., & Seaton, D. T. (2013). Studying learning in the worldwide classroom research into edX's first MOOC. *Research & Practice in Assessment*, 8, 13-25.

Broaders, S. C., Cook, S. W., Mitchell, Z., & Goldin-Meadow, S. (2007). Making children gesture brings out implicit knowledge and leads to learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(4), 539.

Bronckart, J. P., & Schurmans, M. N. (2001). 6. Pierre Bourdieu–Jean Piaget: habitus, schèmes et construction du psychologique. In *Le travail sociologique de Pierre Bourdieu* (pp. 153-175). La Découverte.

Bronfenbrenner, U. (1977). Toward an experimental ecology of human development. *American psychologist*, 32(7), 513.

Bronfenbrenner, U. (1979). *The ecology of human development: Experiments by nature and design*. Harvard University Press.

Bronner, G. (2011). Invariants Mentaux et Variables Sociales. In F. Clément & L. Kaufmann (Eds.), *La sociologie cognitive* (pp. 75–100). Paris: Éditions de la Maison des sciences de l'homme.

Brooks, D. C. (2012). Space and consequences: The impact of different formal learning spaces on instructor and student behavior. *Journal of Learning Spaces*, 1(2), n2.

Brown, J. S., & Duguid, P. (2001). Creativity versus structure: a useful tension. *MIT Sloan Management Review*, 42(4), 93-93.

Bruineberg, J., & Rietveld, E. (2014). Self-organization, free energy minimization, and optimal grip on a field of affordances. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 599.

<https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00599>

- Bruineberg, J., Kiverstein, J., & Rietveld, E. (2018). The anticipating brain is not a scientist: The free-energy principle from an ecological-enactive perspective. *Synthese*, 195(6), 2417–2444. <https://doi.org/10.1007/s11229-016-1239-1>
- Bruner, J. (1966). *Toward a theory of instruction*. Harvard University Press.
- Bruner, J. S. (1957). On perceptual readiness. *Psychological review*, 64(2), 123.
- Bruner, J. S. (1986). *Actual minds, possible worlds*. Harvard University Press.
- Bruner, J. S. (1990). *Acts of meaning: Four lectures on mind and culture* (Vol. 3). Harvard university press.
- Bruner, J. S., & Postman, L. E. O. (1949). On the perception of incongruity: A paradigm. *Journal of Personality*, 18, 206-223. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-6494.1949.tb01241.x>
- Bruner, J. S., Postman, L., & John, W. (1949). Normalization of incongruity. *Research memorandum. Cognition Project*. Harvard University.
- Buckley, C. L., Kim, C. S., McGregor, S., & Seth, A. K. (2017). The free energy principle for action and perception: A mathematical review. *Journal of Mathematical Psychology*, 81, 55-79.
- Bula G. (2018). *Spinoza: Educación para el cambio*. Bogotá, Colombia: Aula de Humanidades, Unisalle.
- Bula, G. (2007). Spinoza y el pensamiento ecologico. *Logos*, 11, 43–48.
- Bula, G. (2011). Reformas epistemológicas: Descartes, Spinoza, Bateson. *Logos*, 1(19), 141-164.
- Bula, G. (2019). Passions, consciousness, and the Rosetta Stone: Spinoza and embodied, extended, and affective cognition. *Adaptive Behavior*, 27(1), 7-15.
- Burawoy, M. (1991). *Ethnography unbound: Power and resistance in the modern metropolis*. Univ of California Press.
- Burchardt, H. (2018). How Spinoza and Elias help to decenter our understanding of development: A methodical research proposal on the pluriverse. *Constructing the pluriverse: The geopolitics of knowledge*, 219-239.
- Butler, J. (1997). *The psychic life of power: Theories in subjection*. Stanford University Press.
- Carré, P. (2015). *De l'apprentissage à la formation. Pour une nouvelle psychopédagogie des*

adultes. *Revue française de pédagogie*, 190, 29-40.

Carré, P. (2016). L'apprenance: des dispositions aux situations. *Éducation permanente*, (207), 7-24.

Casili A. (2010). Les liaisons numériques : Vers une nouvelle sociabilité ? Paris : Seuil.

Castro-Alonso, J. C., Ayres, P., & Paas, F. (2015). The potential of embodied cognition to improve STEAM instructional dynamic visualizations. *Emerging technologies for STEAM education: Full STEAM ahead*, 113-136.

Castro-Alonso, J. C., Paas, F., & Ginns, P. (2019). Embodied cognition, science education, and visuospatial processing. *Visuospatial processing for education in health and natural sciences*, 175-205.

Césari, P. (1950). Les déterminismes et la contingence. FeniXX.

Cha, G. W., Kim, Y. C., Moon, H. J., & Hong, W. H. (2017). New approach for forecasting demolition waste generation using chi-squared automatic interaction detection (CHAID) method. *Journal of Cleaner Production*, 168, 375-385.

Chaker, R. (2011). *La contribution des TIC à l'insertion socio-professionnelle du jeune libanais, Enquête sur leurs pratiques et discours d'acteurs du monde de l'entreprise et de l'éducation*, Thèse de doctorat, sous la direction d'Alain Jaillet, Université de Cergy-Pontoise.

Chaker R. (2012). Regards d'acteurs des mondes de l'éducation et de l'entreprise sur les TIC, les politiques et le marché de l'emploi. Enquête dans le contexte libanais (pp. 321-332.). In Sidir M., Baron G.-L. et Bruillard E. (dirs), *Actes du colloque Journées Communication et Apprentissage Instrumentés en réseau (JOCAIR)*, 6-8 septembre 2012, Amiens, France. <https://shs.hal.science/halshs-01528855/>

Chaker, R. (2013). Les effets de l'usage des TIC sur les compétences et l'insertion socioprofessionnelle. *Education et Formation*, 298(3), 29-46.

Chaker, R. (2017). Les espaces de discussion sur internet comme dépassement des communautarismes ? Le cas d'une agora virtuelle libanaise. *Education et Socialisation*, 43.

Chaker, R. (2018). Animated micro-sequences and auto-observational learning. *International Journal of Educational Technology*, 5(2), 35-45. <https://educationaltechnology.net/ijet/index.php/ijet/article/view/53>

Chaker, R. (2019). Schémas, présentation et rétention de l'information. Trois études dans le

contexte des MOOC. *Distances et médiations des savoirs*, 25.

Chaker, R. (2020). Digital Skills Are Predictors of Professional Social Capital Through Workplace and Social Recognition. *Italian Journal of Sociology of Education*, 12(2), 23-50. <https://doi.org/10.14658/pupj-ijse-2020-2-2>

Chaker, R. (2022, 12-16 septembre). Le mythe des « digital natives » dévoilé par un projet de programmation du robot à l'école primaire. *Numérique et inclusion* [Symposium]. Semaine Internationale de l'Éducation et de la Formation, Université de Lausanne.

Chaker, R. (2023, 4-5 mai). *Comprendre le mythe des « natifs digitaux » d'après les résultats d'un projet de robotique scolaire*. 10^{ème} Colloque International en Education, CRIFPE. Montréal

Chaker, R. et Njingang Mbadjoin T. (2020). Robots scolaires et configuration spatiale de la classe. Effets sur les interactions sociales dans le cadre de séquences pédagogiques au CE2. In P.-A. Caron, C. Fluckiger, P. Marquet, Y. Peter, Y. Secq (Eds), *L'informatique, objets d'enseignements enjeux épistémologiques, didactiques et de formation : Actes du Colloque DIDAPRO 8-DIDASTIC* (pp. 66-78). Lille.

Chaker, R., & Bachelet, R. (2020). Internationalizing Professional Development: Using Educational Data Mining to Analyze Learners' Performance and Dropouts in a French MOOC. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 21(4), 199-221. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v21i4.4787>

Chaker, R., & Impedovo, M. A. (2021). The moderating effect of social capital on co-regulated learning for MOOC achievement. *Education and Information Technologies*, 26, 899-919. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10293-2>

Chaker, R., Bouchet, F., & Bachelet, R. (2022). How do online learning intentions lead to learning outcomes? The mediating effect of the autotelic dimension of flow in a MOOC. *Computers in Human Behavior*, 134(4). 1073016. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107306>

Chaker, R., Gallot, M., Binay, M., Hoyek, N. (2021). User Experience of a 3D Interactive Human Anatomy Learning Tool. *Educational Technology and Society*, 24(2), 136-150. <https://drive.google.com/file/d/1w5XV5Wp0x-pvQ97Dsu3nR9TKrHz7QHzN/view>

Chaker, R. & Njingang Mabjoin, T. (in press). Integrating school robots in K12 education: the effects on spatial configuration and social interactions. *Technology, Pedagogy and Education*.

Chalmers, D. J. (1996). *The Conscious Mind: In Search of a Fundamental Theory*. Oxford University Press.

- Chalmers, D.J. (2003). Consciousness and its place in nature. *The Blackwell guide to philosophy of mind*, 102-142.
- Chalmers, D.J. (2006). Strong and weak emergence. In Clayton, P. and Davies, P. (Eds), *The Re-Emergence of Emergence*, Oxford University Press, pp. 244-254.
- Chappell, C., Rhodes, C., Solomon, N., Tennant, M., & Yates, L. (2003). *Reconstructing the lifelong learner: Pedagogy and identity in individual, organisational and social change*. Routledge.
- Chase, W. G., & Simon, H. A. (1973). Perception in chess. *Cognitive psychology*, 4(1), 55-81.
- Chemero A. (2003). An Outline of a Theory of Affordances, *Ecological Psychology*, 15(2), pp. 181-195.
- Chemero, A. (2011). *Radical embodied cognitive science*. MIT Press.
- Chemero, A. (2023). LLMs differ from human cognition because they are not embodied. *Nature Human Behaviour*, 7(11), 1828-1829.
- Chen, O., Castro-Alonso, J. C., Paas, F., & Sweller, J. (2018). Extending cognitive load theory to incorporate working memory resource depletion: evidence from the spacing effect. *Educational Psychology Review*, 30, 483-501.
- Chiappe, D., Strybel, T. Z., & Vu, K. P. L. (2015). A situated approach to the understanding of dynamic situations. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 9(1), 33-43.
- Chih, C. H., & Chen, J. F. (2011). The Relationship between Physical Education Performance, Fitness Tests and Academic Achievement in Elementary School. *International Journal of Sport & Society*, 2(1).
- Chomitz, V. R., Slining, M. M., McGowan, R. J., Mitchell, S. E., Dawson, G. F., & Hacker, K. A. (2009). Is there a relationship between physical fitness and academic achievement? Positive results from public school children in the northeastern United States. *Journal of School Health*, 79(1), 30-37.
- Christensen, G., Steinmetz, A., Alcorn, B., Bennett, A., Woods, D., & Emanuel, E. J. (2013, November 6). *The MOOC phenomenon: Who takes massive open online courses and why?* Philadelphia: University of Pennsylvania.
http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2350964
- Chuang, H. H., Shih, C. L., & Cheng, M. M. (2020). Teachers' perceptions of culturally

responsive teaching in technology-supported learning environments. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2442-2460.

Cicourel, A. (2011). Processus cognitivo-affectifs, interactions et structure sociale. In Clément F., Kaufmann L., *La sociologie cognitive*. Paris, La maison des sciences de l'homme. 325-352.

Clancey, W. J. (1995, December). A tutorial on situated learning. In *Proceedings of the international conference on computers and education (Taiwan)* (pp. 49-70).

Clark, A. (1997). *Being there: Putting Mind, Body and Brain together again*. MIT Press.

Clark, A. (2008). *Supersizing the mind*. Oxford University Press.

Clark, A. (2022). Extending the Predictive Mind. *Australasian Journal of Philosophy*, 1-12.

Clark, A., & Chalmers, D. (1998). The extended mind. *analysis*, 58(1), 7-19.

Clément, F. (1997). Du bon usage de la psychologie en philosophie. *Critique*, 599, 227-246.

Clément, F. (2011). L'esprit de La Sociologie: Les Sociologues et Le Fonctionnement de L'esprit Humain. In F. Clément & L. Kaufmann (Eds.), *La sociologie cognitive* (pp. 101–133). Paris: Éditions de la Maison des sciences de l'homme.

Clément, F. (2011). L'esprit de la sociologie. Les sociologues et le fonctionnement de l'esprit humain. *CLEMENT F., KAUFMANN L., La sociologie cognitive*. Paris, La maison des sciences de l'homme, 101-133.

Clément, F., & Kaufmann, L. (2011). Vers une sociologie cognitive «intégrative»? *La Sociologie cognitive*, Edition de la Maison des sciences de l'homme, 355-368.

Coleman, J. S. (1990). *Foundations of Social Theory*. Harvard University Press.

Collet, C., El Hajj, M., Chaker, R., Bui-Xuan, B., Lehot J.J. and Hoyek, N. (2021). Effect of motor imagery and actual practice on learning professional medical skills. *BMC Medical Education*, 21(59). <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02424-7>

Conein, B. (2004). Cognition distribuée, groupe social et technologie cognitive. *Réseaux*, (2), 53-79.

Conein, B. (2011). Sociologie Cognitive de La Reconnaissance. In F. Clément & L. Kaufmann (Eds.), *La sociologie cognitive* (pp. 193–218). Paris: Éditions de la Maison des sciences de l'homme.

Conne, F. (1992). Savoir et connaissance dans la perspective de la transposition didactique.

Recherches en didactique des mathématiques, 12(2.3), 221-270.

Cook, S. W., Friedman, H. S., Duggan, K. A., Cui, J., and Popescu, V. (2017). Hand gesture and mathematics learning: lessons from an Avatar. *Cogn. Sci.* 41, 518–535. doi: 10.1111/cogs.12344

Cook, S. W., Mitchell, Z., & Goldin-Meadow, S. (2008). Gesturing makes learning last. *Cognition*, 106, 1047–1058.

Cooper, A. (2004). The origin of personas. *INNOVATION-MCLEAN THEN DULLES VIRGINIA-*, 23(1), 26-29.

Cooper, J., & Fazio, R. H. (1984). A new look at dissonance theory. In *Advances in experimental social psychology* (Vol. 17, pp. 229-266). Academic Press.

Cope, J. & Watts, G. (2000). Learning by doing. An exploration of experience, critical incidents and reflection in entrepreneurial learning. *International Journal of Entrepreneurial Behaviour and Research*, 6(3), 104–124.

Coral, M. P. (2016). Analyzing cognitive workload through eye-related measurements: A meta-analysis (Doctoral dissertation, Wright State University).

Corcuff, P. (1995). *Les Nouvelles Sociologies*, 128 pages. Nathan Université, Paris.

Coulibaly, B. (2019). *Approche socioculturelle de l'appropriation des dispositifs techno-pédagogiques en contexte universitaire*. Editions L'Harmattan.

Coutrot, T. (1998). *L'entreprise néo-libérale, nouvelle utopie capitaliste?*. La Découverte.

Craig, A. D. (2009). How do you feel—now? The anterior insula and human awareness. *Nature reviews neuroscience*, 10(1), 59-70.

Croyle, R. T., & Cooper, J. (1983). Dissonance arousal: physiological evidence. *Journal of personality and social psychology*, 45(4), 782.

Csikszentmihalyi, M. (1992). *Optimal experience: Psychological studies of flow in consciousness*. Camb Press.

Cuartas, J., Hanno, E., Lesaux, N. K., & Jones, S. M. (2022). Executive function, self-regulation skills, behaviors, and socioeconomic status in early childhood. *Plos one*, 17(11), e0277013.

Daele, A., & Charlier, B. (2006). *Comprendre les communautés virtuelles d'enseignants: pratiques et recherches*. L'Harmattan.

- Dahan, J., Queenton, J., & Abdallah, H. (2022). L'innovation ouverte: paradoxe entre métaphores de Morgan. *Enjeux et société*, 9(2), 253-276.
- Damasio, A. R. (2003). *Spinoza avait raison*. Odile Jacob.
- Damasio, A. R. (2006). *L'erreur de Descartes: la raison des émotions*. Odile Jacob.
- Danciu, A. E. (2019). Explications mécanistes et téléologiques de l'évolution de la forme.
- D'Andrade, R. G. (1981). The cultural part of cognition. *Cognitive science*, 5(3), 179-195.
- D'Andrade, R. G. (1989). Cultural cognition. In M. Posner (ed.): *Foundations of Cognitive Science*. MIT Press.
- De Groot, A. D. (1965). Thought and Choice in Chess (traduction remaniée de de Groot, 1946). *The Hague*.
- De Peretti, F. X. (Ed.). (2022). *Descartes et Spinoza: Entre rupture et continuité*. Presses universitaires de Provence.
- De Waard, I., Koutropoulos, A., Keskin, N., Abajian, S. C., Hogue, R., Rodriguez, C. O., & Gallagher, M. S. (2011, October). Exploring the MOOC format as a pedagogical approach for mLearning. In *Proceedings of 10th World Conference on Mobile and Contextual Learning* (pp. 138-145).
<https://pdfs.semanticscholar.org/5317/3406caa20421c35cee0abeee6148e63de1bc.pdf>
- Decety, J., & Jackson, P. L. (2004). The functional architecture of human empathy. *Behavioral and cognitive neuroscience reviews*, 3(2), 71-100
- DeCharms, R. (1972). Personal causation training in the schools 1. *Journal of Applied Social Psychology*, 2(2), 95-113.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2002). Self-determination research: Reflections and future directions.
- Deed, C., Lesko, T. M., & Lovejoy, V. (2014). Teacher adaptation to personalized learning spaces. *Teacher development*, 18(3), 369-383.
- Deffuant, G., Neau, D., Amblard, F., & Weisbuch, G. (2000). Mixing beliefs among interacting agents. *Advances in Complex Systems*, 3(01n04), 87-98.
- DeGroot, M. H. (1974). Reaching a consensus. *Journal of the American Statistical association*, 69(345), 118-121.

- Dell'Acqua, F., McFowland, E., Mollick, E. R., Lifshitz-Assaf, H., Kellogg, K., Rajendran, S., ... & Lakhani, K. R. (2023). Navigating the jagged technological frontier: Field experimental evidence of the effects of AI on knowledge worker productivity and quality. *Harvard Business School Technology & Operations Mgt. Unit Working Paper*, (24-013).
- Demeulenaere, P. (2003). *Les normes sociales: entre accords et désaccords*. PUF.
- DeSilva, J. M., Traniello, J. F. A., Claxton, A. G., and Fannin, L. D. (2021). When and why did human brains decrease in size? A new change-point analysis and insights from brain evolution in ants. *Front. Ecol. Evol.* 9, 742639. doi: 10.3389/fevo.2021.742639
- Desmurget, M. (2019). *La fabrique du crétin digital-Les dangers des écrans pour nos enfants*. Média Diffusion.
- Destefano, M., Lindstedt, J. K., & Gray, W. D. (2011). Use of complementary actions decreases with expertise. In *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (Vol. 33, No. 33).
- Dewey, J. (2010/2003). *Le public et ses problèmes*. Éditions Farrago/Université de Pau.
- Di Paolo, E. A. (2005). Autopoiesis, adaptivity, teleology, agency. *Phenomenology and the cognitive sciences*, 4(4), 429-452.
- Di Paolo, E., Buhrmann, T., & Barandiaran, X. (2017). *Sensorimotor life: An enactive proposal*. Oxford University Press.
- Di Paolo, E., Thompson, E., & Beer, R. (2022). Laying down a forking path: Tensions between enaction and the free energy principle. *Philosophy and the Mind Sciences*, 3. <https://doi.org/10.33735/phimisci.2022.9187>
- Dillenbourg, P. (1996) Some technical implications the distributed cognition approach on the design of interactive learning environments. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 7 (2), 161-180.
- Dillenbourg, P. (2013). Design for classroom orchestration. *Computers & education*, 69, 485-492.
- Ding, L., Terwilliger, J., Parab, A., Wang, M., Fridman, L., Mehler, B., & Reimer, B. (2023). CLERA: A Unified Model for Joint Cognitive Load and Eye Region Analysis in the Wild. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*.
- Dobry, M. (1983). *Mobilisations multisectorielles et dynamique des crises politiques: un point*

de vue heuristique. *Revue française de sociologie*, 395-419.

Dobry, M. (2009). La régression vers les habitus. Dans : M. Dobry, *Sociologie des crises politiques : La dynamique des mobilisations multisectorielles* (pp. 257-283). Presses de Sciences Po.

Dong, Y., Bartol, K. M., Zhang, Z. X., & Li, C. (2017). Enhancing employee creativity via individual skill development and team knowledge sharing: Influences of dual-focused transformational leadership. *Journal of organizational behavior*, 38(3), 439-458.

Doucey, B. et Goï C. (dir.) (2023). *Vocabulaire de l'ingénierie pédagogique*. Puf.

Douglas, M. (2004/1986), *Comment pensent les institutions ?*, Paris, La Découverte.

Dourish, P. (2004). What we talk about when we talk about context. *Personal and ubiquitous computing*, 8, 19-30.

Downes, S. (2012). Connectivism and connectivist knowledge.

Draelants, H., & Ballatore, M. (2014). Capital culturel et reproduction scolaire. Un bilan critique. *Revue française de pédagogie*, 186, 115-142.

Durand C. (2020), *Techno-féodalisme. Critique de l'économie politique du numérique*. La découverte, Zones.

Dussarps, C. (2015). L'abandon en formation à distance. Analyse socioaffective et motivationnelle. *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge*, 3(10).

Dutriaux, L., & Gyselinck, V. (2016a). Learning is better with the hands free: The role of posture in the memory of manipulable objects. *PLoS One*, 11(7), e0159108.

Dutriaux, L., & Gyselinck, V. (2016b). Cognition incarnée: un point de vue sur les représentations spatiales. *L'année psychologique*, 116(3), 419-465.

Duvoux, N. (2022). Configuration. *Sociologie*.

Dwyer, D. C., Ringstaff, C., & Sandholtz, J. H. (1991). Changes in teachers' beliefs and practices in technology-rich classrooms. *Educational leadership*, 48(8), 45-52.

Dwyer, D. C., Ringstaff, C., Haymore, J., & Sandholtz, P. D. (1994). Apple classrooms of tomorrow. *Educational leadership*, 51(7), 4-10.

Eglash, R., Gilbert, J. E., & Foster, E. (2013). Toward culturally responsive computing

education. *Communications of the ACM*, 56(7), 33-36.

Eglash, R., Gilbert, J. E., Taylor, V., & Geier, S. R. (2013). Culturally responsive computing in urban, after-school contexts: Two approaches. *Urban Education*, 48(5), 629-656.

Elkin, R. A., & Leippe, M. R. (1986). Physiological arousal, dissonance, and attitude change: evidence for a dissonance-arousal link and a " don't remind me" effect. *Journal of personality and social psychology*, 51(1), 55.

Elliot, A. J., & Devine, P. G. (1994). On the motivational nature of cognitive dissonance: Dissonance as psychological discomfort. *Journal of personality and social psychology*, 67(3), 382.

Elliot, A. J., Gable, S. L., & Mapes, R. R. (2006). Approach and avoidance motivation in the social domain. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 32, 378 –391. <http://dx.doi.org/10.1177/0146167205282153>

Ellis, D. G., & Fisher, A. B. (1994). *Small Group Decision Making: Communication and the Group Process*, 4th ed. McGraw-Hill.

Emanuel, E. J. (2013). MOOCs taken by educated few. *Nature*, 503 (7476).

Emo, B. (2014). Seeing the axial line: Evidence from wayfinding experiments. *Behavioral Sciences*, 4(3), 167-180. <https://doi.org/10.3390/bs4030167>

Endsley, M. R. (2012). Situation awareness. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of human factors and ergonomics* (4th ed., pp. 553- 568). New York: Wiley.

Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding*. Helsinki: Orienta-Konsultit Oy.

Engeström, Y. (1999). Activity theory and individual and social transformation In Engeström, Y., Miettinen, R., & Punamäki, R. L. (Eds.). *Perspectives on activity theory*. Cambridge University Press. 19-30.

Engle, R. A. (2006). Framing interactions to foster generative learning: A situative explanation of transfer in a community of learners classroom. *The journal of the learning sciences*, 15(4), 451-498.

Entman, R. M. (1993). Framing: Toward clarification of a fractured paradigm. *Journal of communication*, 43(4), 51-58.

Eribon, D. (2009). *Retour à Reims: Une théorie du sujet*. Fayard.

Esaki, K., Matsumura, T., Ito, K., & Mizuno, H. (2022, February). Sensorimotor Visual

- Perception on Embodied System Using Free Energy Principle. In *Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases: International Workshops of ECML PKDD 2021, Virtual Event, September 13-17, 2021, Proceedings, Part I* (pp. 865-877). Cham: Springer International Publishing.
- Evans 1, K. (2015). Apprentissage tout au long de la vie: politique sociale et agentivité individuelle. *Savoirs*, (1), 11-33.
- Fabiani, J. L. (2007). Après la culture légitime. Objets, publics, autorités. *Lectures, Publications reçues*.
- Fairhall, S. L., & Caramazza, A. (2013). Brain regions that represent amodal conceptual knowledge. *Journal of Neuroscience*, 33(25), 10552-10558.
- Faris, D. M. (2012). La révolte en réseau: le «printemps arabe» et les médias sociaux. *Politique étrangère*, (01), 99-109.
- Farley, J. P., & Kim-Spoon, J. (2017). Parenting and adolescent self-regulation mediate between family socioeconomic status and adolescent adjustment. *The Journal of early adolescence*, 37(4), 502-524.
- Feldman, M. S. (1989). *Order without design: Information production and policy making* (Vol. 231). Stanford University Press.
- Fellman, D., Lincke, A., & Jonsson, B. (2020). Do individual differences in cognition and personality predict retrieval practice activities on moocs?. *Frontiers in psychology*, 11, 2076.
- Fenouillet, F. (2016). *Les théories de la motivation*. Dunod.
- Ferrin, D. L., & Dirks, K. T. (2003). The use of rewards to increase and decrease trust: Mediating processes and differential effects. *Organization science*, 14(1), 18-31.
- Festinger, L. (1957). A theory of cognitive dissonance Row. *Peterson and company*.
- Feyerabend, P. K. (1999). *Knowledge, science and relativism* (Vol. 3). Cambridge University Press.
- Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2015). *Learning as a generative activity*. Cambridge University Press.
- Fiske, S. T., & Taylor, S. E. (1991). *Social cognition*. McGraw-Hill Book Company.
- Flanagan, J.C. (1954). The critical incident technique. *Psychological Bulletin*, 51(4), 327–358.

- Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind*. MIT press.
- Fodor, J. A. (1987). *Psychosemantics: The problem of meaning in the philosophy of mind* (Vol. 2). MIT press.
- Frayssinhes, J. (2019). Compétence, expérience, connaissances et savoirs transférables: étude comparatiste à visée transdisciplinaire. *Éducation permanente*, (1), 43-54.
- Frederick, R., & Shockley, K. (2008). Culturally responsive uses of computer technology: A portrait of three teachers working in urban schools. *Electronic Journal for Instructional Technology*, 7(3), 3-21.
- Frederick, R., & Shockley, K. (2008). Culturally responsive uses of computer technology: A portrait of three teachers working in urban schools. *Electronic Journal for Instructional Technology*, 7(3), 3-21.
- Frey, O. (2012). Sociologie urbaine ou sociologie de l'espace? Le concept de milieu urbain. *SociologieS*.
- Fridman, L., Reimer, B., Mehler, B., & Freeman, W. T. (2018, April). Cognitive load estimation in the wild. In *Proceedings of the 2018 chi conference on human factors in computing systems* (pp. 1-9).
- Friedman, A. (2011). La perception: une approche en sociologie cognitive. In F. Clément et L. Kaufmann, *La sociologie cognitive*, Editions de la MSH, 161-192.
- Friston, K. (2010). The free-energy principle: a unified brain theory?. *Nature reviews neuroscience*, 11(2), 127-138.
- Friston, K. (2012). Prediction, perception and agency. *International Journal of Psychophysiology*, 83(2), 248-252.
- Friston, K. (2013). Life as we know it. *Journal of the Royal Society Interface*, 10(86), 20130475.
- Friston, K. (2022). Affordance and Active Inference. In *Affordances in Everyday Life: A Multidisciplinary Collection of Essays* (pp. 211-219). Cham: Springer International Publishing.
- Friston, K., Kilner, J., & Harrison, L. (2006). A free energy principle for the brain. *Journal of physiology-Paris*, 100(1-3), 70-87.
- Fuchs, T. (2021). *Ecology of the brain: The phenomenology and biology of the embodied mind*. Oxford University Press.

Fusaroli, R., & Paolucci, C. (2011). The External mind: an introduction. *VERSUS*, 112, 113, 3-30.

Gachet, C. (2013). " Quitter le milieu" Une étude sociologique des processus de désaffiliation religieuse du milieu évangélique suisse (Doctoral dissertation, Université de Lausanne, Faculté des sciences sociales et politiques).

Gallagher, S., & Lindgren, R. (2015). Enactive metaphors: Learning through full-body engagement. *Educational Psychology Review*, 27, 391-404.

Gallou-Guyot, M., Mandigout, S., Lacroix, J., Ricard, D., Buffat, S., Archambeau, D., ... & Perrochon, A. (2021). Biopsychosocial determinants of visuospatial memory performance according to different spaces. *Neuroscience Research*, 170, 181-186. <https://doi.org/10.1016/j.neures.2020.07.012>

Garfinkel, H. (1967). *Studies in Ethnomethodology*. Prentice-Hall.

Garrido, M., Koepke, L., Andersen, S., Mena, A., Macapagal, M., & Dalvit, L. (2016). An examination of MOOC usage for professional workforce development outcomes in Colombia, the Philippines & South Africa. Seattle: *Technology & Social Change Group, University of Washington Information School*. Retrieved from <https://tascha.uw.edu/publications/an-examination-of-mooc-usage-for-professional-workforce-development-outcomes/>

Gaver, W. W. (1991, March). Technology affordances. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (pp. 79-84).

Gawronski, B. (2012). Back to the future of dissonance theory: Cognitive consistency as a core motive. *Social cognition*, 30(6), 652-668.

Gawronski, B., & Brannon, S. M. (2019). What is cognitive consistency, and why does it matter? In E. Harmon-Jones (Ed.), *Cognitive dissonance: Reexamining a pivotal theory in psychology* (2nd ed., pp. 91–116). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/0000135-005>

Gay, G. (2018). *Culturally responsive teaching: Theory, research, and practice*. teachers college press.

Geary, D. C. (2008). An evolutionarily informed education science. *Educational psychologist*, 43(4), 179-195.

Geertz, C. (1983). Deep play: notes on the Balinese cockfight. *Deep play: notes on the Balinese*

cockfight., 39-77.

Gepshtein, S. (2022). Perceptual Space as a Well of Possibilities. In *Affordances in Everyday Life: A Multidisciplinary Collection of Essays* (pp. 123-137). Cham: Springer International Publishing.

Gherardi, S. (2008). Situated knowledge and situated action: What do practice-based studies promise. *The SAGE handbook of new approaches in management and organization*, 516-525.

Gibson, E. J. (2000). Where is the information for affordances ? *Ecological Psychology*, 12, 53-56.

Gibson, E., & Rader, N. (1979). Attention. In G. A. Hale, & M. Lewis (Eds.), *Attention and Cognitive Development* (pp. 1–21). Springer US.

Gibson, E. J., & Pick, A. D. (2000). *An ecological approach to perceptual learning and development*. Oxford University Press, USA.

Gibson, J. J. (1977). The theory of affordances. Perceiving, acting, and knowing: toward an ecological psychology. *Perceiving, Acting, and Knowing: Toward an Ecological Psychology*, 67-82.

Gibson, J. J. (1979/2014). *The ecological approach to visual perception: classic edition*. Psychology press.

Gibson, J. J., & Gibson, E. J. (1955). Perceptual learning: Differentiation or enrichment?. *Psychological review*, 62(1), 32.

Gilead, A. (1990). Spinoza's Two Causal Chains. *Société Française de Philosophie, Bulletin* 81 (4).

Gillies, R. M. (2002). Structuring cooperative group work in classrooms. *International Journal of Educational Research*, 39(1-2), 35-49.

Gillig, J. M. (2009). *Remédiation soutien et approfondissement à l'école*. Hachette éducation.

Gillot, P. (2004). Le conatus entre principe d'inertie et principe d'individuation. *Dix-septième siècle*, 222(1), 51-73.

Glenberg, A. M. (1997). What memory is for: Creating meaning in the service of action. *Behavioral and brain sciences*, 20(1), 41-50. <http://doi.org/10.1017/S0140525X97000010>

Goffman, E. (1971). *Relations in Public: Microstudies of the Public Order*. Harper & Row.

- Goffman, E. (1973). *La mise en scène de la vie quotidienne* (Vol. 1). Editions de minuit.
- Goffman, E. (1973). *La mise en scène de la vie quotidienne* (Vol. 2). Editions de minuit.
- Goffman, E. (1974). *Frame analysis: An essay on the organization of experience*. Harvard University Press.
- Goffman, E. (1981). *Forms of talk*. University of Pennsylvania Press.
- Goglin, J. M. (2013). Déterminisme, contrainte et liberté. Contribution à une théorie thomiste de la liberté de choix. https://shs.hal.science/file/index/docid/841531/filename/JMG_Contribution_A_une_thA_orie_thomiste_de_lalibertA_de_choix.pdf
- Goglio, V., & Parigi, P. (2018, September). The social dimension of participation and completion in MOOCs. In *2018 learning with MOOCS (LWMOOCS)* (pp. 85-89). IEEE.
- Goldin-Meadow, S., Nusbaum, H., Kelly, S. D., & Wagner, S. (2001). Explaining math: Gesturing lightens the load. *Psychological science*, *12*(6), 516-522.
- Golonka, S., & Wilson, A. D. (2019). Ecological representations. *Ecological Psychology*, *31*(3), 235-253.
- Goody, J., (1977). *The Domestication of the Savage Mind*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Gordon, J., Maselli, A., Lancia, G. L., Thiery, T., Cisek, P., & Pezzulo, G. (2021). The road towards understanding embodied decisions. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *131*, 722-736. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.09.034>
- Gordon, R., & Ramani, G. B. (2021). Integrating Embodied Cognition and Information Processing: A Combined Model of the Role of Gesture in Children's Mathematical Environments. *Frontiers in psychology*, *12*, 650286.
- Graeber, D. (2018). Bullshit jobs. *Emploi*, 131.
- Granjon, F. (2011). Fracture numérique. *Communications*, *88*(1), 67-74.
- Granjon, F., & Lelong, B. (2006). Capital social, stratifications et technologies de l'information et de la communication: Une revue des travaux français et anglo-saxons. *Réseaux*, (5), 147-181.
- Grant, K. B., & Ray, J. A. (Eds.). (2018). *Home, school, and community collaboration: Culturally responsive family engagement*. Sage Publications.

- Greenberg, K., & Zheng, R. (2022). Cognitive load theory and its measurement: a study of secondary tasks in relation to working memory. *Journal of Cognitive Psychology*, 34(4), 497-515.
- Greenfield, P., & Yan, Z. (2006). Children, adolescents, and the Internet: A new field of inquiry in developmental psychology. *Developmental Psychology*, 42(3), 391–394. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.42.3.391>
- Greeno, J. G. (1998). The situativity of knowing, learning, and research. *American psychologist*, 53(1), 5.
- Gregory, R. (1987). In defense of artificial intelligence. In C. Blakemore and S. Greenfield (Eds). *Mindwaves*. Blackwell. 235–44.
- Guérin, J. & Simonian, S. (2022). Aller vers le terrain : approche écologique de la dynamique scientifique. *Éducation Permanente*, 230, 71-80.
- Guérin, J. (2012). *Activité collective et apprentissage, De l'ergonomie à l'écologie des situations de formation*. L'Harmattan.
- Guérin, J., Simonian, S., & Thievenaz, J. (2023). Articuler des cadres théoriques pour approcher l'expérience du sujet dans ses interrelations avec son environnement. *Vers une approche écologique de l'agir humain en éducation et formation*. 21-41. Octares.
- Guillot, A., & Collet, C. (Eds.). (2010). *The neurophysiological foundations of mental and motor imagery*. Oxford University Press.
- Guo, P. J., & Reinecke, K. (2014, March). Demographic differences in how students navigate through MOOCs. In *Proceedings of the first ACM conference on Learning@ scale conference* (pp. 21-30). ACM.
- Habermas J., (1962/1978), L'Espace public. Archéologie de la publicité comme dimension constitutive de la société bourgeoise. Payot.
- Hajj Hassan, M., Chaker, R., Impedovo, M. & Hoyek, N. (2024). Review of research on the outcomes of embodied and collaborative learning in STEM in higher education with immersive technologies. *Journal of Computing in Higher Education*.
- Halkias, G., & Kokkinaki, F. (2011). How schema incongruity influences consumer responses: Exploring the degree of incongruity for different sources of discrepancy. *ACR European Advances*.

- Hall, E. T. (1959/1984). *Le langage silencieux*. Éditions du seuil.
- Hall, E. T. (1971). *La dimension cachée*. Éditions du seuil.
- Hallihan, G. M., & Shu, L. H. (2013). Considering confirmation bias in design and design research. *Journal of Integrated Design and Process Science*, 17(4), 19-35.
- Halverson, C. A. (1995). Inside the cognitive workplace: new technology and air traffic control. University of California, San Diego.
- Halverson, R. R., & Clifford, M. A. (2006). Evaluation in the wild: A distributed cognition perspective on teacher assessment. *Educational Administration Quarterly*, 42(4), 578-619.
- Hamilton-Giachritsis, C., Banakou, D., Garcia Quiroga, M. et al. (2018). Reducing risk and improving maternal perspective-taking and empathy using virtual embodiment. *Sci Rep* 8, 2975. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21036-2>
- Hammer, D., Elby, A., Scherr, R. E., & Redish, E. F. (2005). Resources, framing, and transfer. *Transfer of learning from a modern multidisciplinary perspective*, 89.
- Handley, K, Clark, T, Fincham, R & Sturdy, A. (2007). Researching situated learning: Participation, identity and practices in client-consultant relationships. *Management Learning* 38(2), 173–191.
- Hardecker, S., & Tomasello, M. (2017). From imitation to implementation: How two-and three-year-old children learn to enforce social norms. *British Journal of Developmental Psychology*, 35(2), 237-248.
- Hashemi, S. S., & Hipkiss, A. M. (2022). Teaching in Flexible Spatial and Digital Conditions: Re-evaluating Teaching Designs in a Synergi between Space, Actors and Resources. *Educare*, (1), 8-31.
- Hassenzahl, M. (2003). The thing and I: Understanding the relationship between user and product. In M.A Blyth, A.F. Monk, K. Overbeeke 1 P.C. Wright (Eds). Human-computer interaction series (3). *Funology: From usability to enjoyment*. pp. 31-42.
- Hassenzahl, M. (2010). Experience design: Technology for all the right reasons. *Synthesis lectures on human-centered informatics*, 3(1), 1-95. <https://doi.org/10.2200/S00261ED1V01Y201003HCI008>
- Haudricourt, A.-G. (1987). La technologie science humaine. Recherches d'histoire et d'ethnologie des techniques. Editions de la Maison des Sciences de l'Homme.

- Hauw, D. (2018). Énaction et intervention en psychologie du sport chez les sportifs élites et en formation. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*, 50(1), 54.
- Heath, C., Knoblauch, H., & Luff, P. (2000). Technology and social interaction: the emergence of 'workplace studies'. *The British journal of sociology*, 51(2), 299-320.
- Hedegaard, M. (1988). *The zone of proximal development as a basis for instruction*. Aarhus, Denmark: Institute of Psychology.
- Hegarty, M. & Sims, V. K. (1994). Individual differences in mental animation. *Memory & Cognition*, 22(4).
- Heil, M., & Jansen-Osmann, P. (2007). Children's left parietal brain activation during mental rotation. *Cog Dev*, 22.
- Heintz, C. (2011). Les Fondements Psychiques et Sociaux de La Cognition Distribuée. In F. Clément & L. Kaufmann (Eds.), *La sociologie cognitive* (pp. 277–298). Paris: Éditions de la Maison des sciences de l'homme.
- Helsper, E. J., & Eynon, R. (2010). Digital natives: where is the evidence?. *British educational research journal*, 36(3), 503-520.
- Hendijani, R. (2023). Mental Causation and Motivation: The motivational congruence theory's perspective. *Integrative Psychological and Behavioral Science*, 1-16.
- Hendriks-Jansen, H. (1996). *Catching ourselves in the act: Situated activity, interactive emergence, evolution, and human thought*. MIT Press.
- Herreros, G., & Livian, Y. F. (1994). La Sociologie des conventions: une nouvelle grille d'analyse. *Revue française de gestion*, (101).
- Hillman, C. H., Castelli, D. M., & Buck, S. M. (2005). Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(11), 1967.
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E., & Kramer, A. F. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience*, 159(3), 1044-1054.
- Hipólito, I., & Kirchoff, M. (2023). Breaking boundaries: The Bayesian Brain Hypothesis for perception and prediction. *Consciousness and Cognition*, 111, 103510.

<https://doi.org/10.1016/j.concog.2023.103510>

Hollan, J., & Stornetta, S. (1992, June). Beyond being there. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 119-125).

Homans, G. C. (1961). The humanities and the social sciences. *American Behavioral Scientist*, 4(8), 3-6.

Honneth, A. (2000). La lutte pour la reconnaissance.

Honneth, A. (2006). La société du mépris. *Paris: La Découverte*.

Hossain, G., & Yeasin, M. (2015). Effect of Ability-Demand Gap on Cognitive Dissonance and Overload. *IEEE Transactions on Autonomous Mental Development*, PP (99), 1.

Houdé, O. (2019). *Apprendre à résister* (p. 144). le Pommier.

Hoyek, N et al. (2009). Enhancement of mental rotation abilities and its effect on anatomy learning. *Teach Learn Med*, 2

Hull, C. L. (1943). Principles of behavior: an introduction to behavior theory.

Hulme, C., Maughan, S., & Brown, G. D. (1991). Memory for familiar and unfamiliar words: Evidence for a long-term memory contribution to short-term memory span. *Journal of memory and language*, 30(6), 685-701.

Hutchins, E. (1980). *Culture and inference: A Trobriand case study* (Vol. 2). Harvard University Press.

Hutchins, E. (1983). Understanding micronesia navigation. In D. Gentner, & A. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 191-225). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.

Hutchins, E. (1995). *Cognition in the Wild*. MIT Press.

Hutchins, E. (1995b). How a cockpit remembers its speeds. *Cognitive Science*, 19, 265-288.

Hutchins, E. (2008). The role of cultural practices in the emergence of modern human intelligence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363(1499), 2011-2019.

<https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0003>

Hutchins, E. (2011). Enculturating the supersized mind. *Philosophical studies*, 152, 437-446.

Hutchins, E. (2020). The distributed cognition perspective on human interaction. In *Roots of human sociality* (pp. 375-398). Routledge.

Hutchins, E., & Johnson, C. (2009). Modeling the emergence of language as an embodied

collective cognitive activity. *Topics in Cognitive Science*, 1(3), 523-546.
<https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2009.01033.x>

Hutchins, E., and Klausen, T. (1996). Distributed cognition in an airline cockpit. In *Cognition and communication at work*, Eds Y. Engeström and D. Middleton, 15–34. Cambridge University Press.

Ieropoulos, I., Melhuish, C., Greenman, J., & Horsfield, I. (2005). EcoBot-II: An artificial agent with a natural metabolism. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 2(4), 31.

Inzlicht, M., & Kang, S. K. (2010). Stereotype threat spillover: how coping with threats to social identity affects aggression, eating, decision making, and attention. *Journal of personality and social psychology*, 99(3), 467. <http://doi.org/10.1037/a0018951>

Ionta, S., & Blanke, O. (2009). Differential influence of hands posture on mental rotation of hands and feet in left and right handers. *Experimental brain research*, 195, 207-217.

Ionta, S., Gassert, R., & Blanke, O. (2011). Multi-sensory and sensorimotor foundation of bodily self-consciousness—an interdisciplinary approach. *Frontiers in Psychology*, 2, 383.

Ionta, S., Perruchoud, D., Draganski, B., & Blanke, O. (2012). Body context and posture affect mental imagery of hands. *PloS one*, 7(3), e34382.

Ionta, S., Sforza, A., Funato, M., & Blanke, O. (2013). Anatomically plausible illusory posture affects mental rotation of body parts. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 13, 197-209.

Isohätälä, J., Näykki, P., & Järvelä, S. (2019). Convergences of joint, positive interactions and regulation in collaborative learning. *Small Group Research*. Online first.

Isohätälä, J., Näykki, P., Baker, M. J., & Järvelä, S. (2018). Striking a balance: Socio-emotional processes and argumentation in collaborative learning. *Learning, Culture and Social Interaction*, 16, 1–19.

Issaadi, S., & Jaillet, A. (2017). Proxémie d'apprentissage. *Éducation et socialisation. Les Cahiers du CERFEE*, (43).

Ito, M., Gutiérrez, K., Livingstone, S., Penuel, B., Rhodes, J., Salen, K., ... & Watkins, S. C. (2013). *Connected learning: An agenda for research and design*. Digital Media and Learning Research Hub.

Jaillet, A. (2005). Peut-on repérer les effets de l'apprentissage collaboratif à distance?.

Distances et savoirs, 3(1), 49-66.

Jaillet, A. (2014). Les films promoteurs de MOOC, une rhétorique de la "divisio". *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge*, 2(8).

Jaillet, A., & Larose, F. (2009). Le numérique dans l'enseignement et la formation: Analyses, traces et usages. *Le numérique dans l'enseignement et la formation*, 1-240.

Jameson, F. (1976). On Goffman's frame analysis. *Theory and Society*, 3(1), 119-133.

Järvelä, S., Järvenoja, H., Malmberg, J., & Hadwin, A. F. (2013). Exploring socially shared regulation in the context of collaboration. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 12(3), 267-286.

Järvenoja, H., & Järvelä, S. (2009). Emotion control in collaborative learning situations: Do students regulate emotions evoked by social challenges? *British Journal of Educational Psychology*, 79, 463-481.

Jézégou, A. (2019). La distance, la proximité et la présence en e-Formation. *Traité de la e-Formation des adultes*, 143-163.

Johnson, G. M., & Puplampu, K. P. (2008). Internet use during childhood and the ecological techno-subsystem. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 34(1), n1.

Johnson, S. E., Richeson, J. A., & Finkel, E. J. (2011). Middle class and marginal? Socioeconomic status, stigma, and self-regulation at an elite university. *Journal of personality and social psychology*, 100(5), 838.

Johnson-Glenberg, M. C. (2018). Immersive VR and education: Embodied design principles that include gesture and hand controls. *Frontiers in Robotics and AI*, 5, 81.

Johnson-Glenberg, M. C., & Megowan-Romanowicz, M. C. (2017). Embodied science and mixed reality: How gesture and motion capture affect physics education. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2(24). <https://doi:10.1186/s41235-017-0060-9>

Jordan, K. (August 27, 2013). MOOC completion rates: The data. <http://www.katyjordan.com/MOOCproject.htm>

Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: individual differences in working memory. *Psychological review*, 99(1), 122.

Kaddouri, M. (2019). Les dynamiques identitaires: une catégorie d'analyse en construction dans le champ de la formation des adultes. *Savoirs*, 49(1), 13-48.

- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort* (Vol. 1063, pp. 218-226). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, Fast and Slow*. (2012) *Système 1/Système 2: Les deux vitesses de la pensée. Trans.). Flammarion.*
- Kakavelakis, K., & Edwards, T. (2012). Situated learning theory and agentic orientation: A relational sociology approach. *Management Learning, 43*(5), 475-494.
- Kalyuga, S. (2009). The expertise reversal effect. In *Managing cognitive load in adaptive multimedia learning* (pp. 58-80). IGI Global.
- Kalyuga, S., Renkl, A., & Paas, F. (2010). Facilitating flexible problem solving. *Educational psychology review, 22*.
- Kaplan, J., de Montalembert, M., Laurent, P., & Fenouillet, F. (2017). ERICA—an instrument to measure individual and collective regulation of learning. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology, 67*(2), 79-89. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2017.01.001>
- Kaufmann, L., & Clément, F. (2011). L’esprit Des Sociétés: Bilan et Perspectives En Sociologie Cognitive. In F. Clément & L. Kaufmann (Eds.), *La sociologie cognitive* (pp. 7–40). Paris: Éditions de la Maison des sciences de l’homme.
- Keatinge, D. (2002). Versatility and flexibility: Attributes of the critical incident technique in nursing research. *Nursing & Health Sciences, 4*(1-2), 33-39.
- Keeler, M. E., Stabio, M. E., & Royer, D. F. (2017). The Creation and Evaluation of a Novel Anatomical Mental Rotation Test for Medical Education Research. *The FASEB Journal, 31*, 739-3.
- Keisari, S., Feniger-Schaal, R., Palgi, Y., Golland, Y., Gesser-Edelsburg, A., & Ben-David, B. (2022). Synchrony in old age: Playing the mirror game improves cognitive performance. *Clinical Gerontologist, 45*(2), 312-326.
- Kellogg, S., Booth, S., & Oliver, K. (2014). A social network perspective on peer supported learning in MOOCs for educators. *International Review of Research in Open and Distributed Learning, 15*(5), 263-289. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v15i5.1852>
- King, M., Luan, B., & Lopes, E. (2018). Experiences of Timorese language teachers in a blended massive open online course (MOOC) for continuing professional development (CPD).

Open Praxis, 10(3), 279-287.

King, M., Pegrum, M., & Forsey, M. (2018). MOOCs and OER in the Global South: Problems and potential. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 19(5).

Kirchhoff, M. D., & Kiverstein, J. (2019). *Extended consciousness and predictive processing: A third wave view*. Routledge.

Kirschner, F., Paas, F., & Kirschner, P. A. (2011). Task complexity as a driver for collaborative learning efficiency: The collective working-memory effect. *Applied Cognitive Psychology*, 25(4), 615-624.

Kirschner, P. A., & van Merriënboer, J. J. (2013). Do learners really know best? Urban legends in education. *Educational psychologist*, 48(3), 169-183.

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational psychologist*, 41(2), 75-86.

Kirschner, P. A., Sweller, J., Kirschner, F., & Zambrano R, J. (2018). From cognitive load theory to collaborative cognitive load theory. *International journal of computer-supported collaborative learning*, 13, 213-233. <https://doi.org/10.1007/s11412-018-9277-y>

Kirsh, D. (1995). The intelligent use of space. *Artificial intelligence*, 73(1-2), 31-68.

Kirsh, D. (2010). Thinking with External Representations. *AI & Society*, 25(4), 441-454. doi: 10.1007/s00146-009-0233-7.

Kirsh, D., & Maglio, P. (1994). On distinguishing epistemic from pragmatic action. *Cognitive science*, 18(4), 513-549. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(94\)90007-8](https://doi.org/10.1016/0364-0213(94)90007-8)

Kiverstein, J. (2020). Free energy and the self: An ecological–enactive interpretation. *Topoi*, 39(3), 559–574. <https://doi.org/10.1007/s11245-018-9561-5>

Kiverstein, J., Miller, M., & Rietveld, E. (2019). The feeling of grip: novelty, error dynamics, and the predictive brain. *Synthese*, 196, 2847-2869.

Kizilcec, R. F., & Schneider, E. (2015). Motivation as a lens to understand online learners: Toward data-driven design with the OLEI scale. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 22(2), 1-24.

Kizilcec, R. F., Pérez-Sanagustín, M., & Maldonado, J. J. (2017). Self-regulated learning strategies predict learner behavior and goal attainment in Massive Open Online Courses.

Computers & education, 104, 18-33.

Kizilcec, R. F., Reich, J., Yeomans, M., Dann, C., Brunskill, E., Lopez, G., ... & Tingley, D. (2020). Scaling up behavioral science interventions in online education. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(26), 14900-14905.

Kizilcec, R. F., Saltarelli, A. J., Reich, J., & Cohen, G. L. (2017). Closing global achievement gaps in MOOCs. *Science*, 355(6322), 251-252.

Klingenberg, S., Fischer, R., Zettler, I., & Makransky, G. (2023). Facilitating learning in immersive virtual reality: Segmentation, summarizing, both or none?. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(1), 218-230.

Kojève, A. (1947). Introduction à la lecture de Hegel. Gallimard.

Koller, D., Ng, A., Do, C., & Chen, Z. (2013). Retention and Intention in Massive Open Online Courses. *EDUCAUSE review*, May/June 2, 62–63.

Kolvoort, I. R., & Rietveld, E. (2022). Affordances for situating the embodied mind in sociocultural practice. In *Affordances in Everyday Life: A Multidisciplinary Collection of Essays* (pp. 13-22). Cham: Springer International Publishing.

Kozłowski, D., et Lecloux, S. L. (2019). *Travail De Groupe En Enseignement Supérieur*.

Kruglanski, A. W., Jasko, K., Milyavsky, M., Chernikova, M., Webber, D., Pierro, A., & Di Santo, D. (2018). Cognitive consistency theory in social psychology: A paradigm reconsidered. *Psychological Inquiry*, 29(2), 45-59.

Kwon, K., Liu, Y.-H., & Johnson, L. P. (2014). Group regulation and social-emotional interactions observed in computer supported collaborative learning. *Computers & Education*, 78, 185–200.

Lærke, M. (2009). Immanence et extériorité absolue. Sur la théorie de la causalité et l'ontologie de la puissance de Spinoza. *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, 134(2), 169-190.

Lahire, B. (1998). L'homme pluriel. Les ressorts de l'action. Paris: Éditions Nathan.

Lahire, B. (2001). 5. De la théorie de l'habitus à une sociologie psychologique. In *Le travail sociologique de Pierre Bourdieu* (pp. 121-152). La découverte.

Lahire, B. (2006). La condition littéraire. La double vie des écrivains. *Lectures, Publications reçues*.

- Lahire, B. (2011). Les Cadres Sociaux de La Cognition: Socialisation, Schèmes Cognitifs et Langage. In F. Clément & L. Kaufmann (Eds.), *La sociologie cognitive* (pp. 137–160). Éditions de la Maison des sciences de l’homme.
- Lahire, B. (2013). *Dans les plis singuliers du social*. La Découverte.
- Lahire, B. (2014). L’homme pluriel. La sociologie à l’épreuve de l’individu. Dans : Xavier Molénat éd., *L’Individu contemporain: Regards sociologiques* (pp. 81-93). Éditions Sciences Humaines. <https://doi.org/10.3917/sh.molen.2014.01.0081>
- Lajoie, S. P., Lee, L., Poitras, E., Bassiri, M., Kazemitabar, M., Cruz-Panesso, I., ... & Lu, J. (2015). The role of regulation in medical student learning in small groups: Regulating oneself and others’ learning and emotions. *Computers in Human Behavior*, 52, 601-616.
- Lakin, J. L., Jefferis, V. E., Cheng, C. M., & Chartrand, T. L. (2003). The chameleon effect as social glue: Evidence for the evolutionary significance of nonconscious mimicry. *Journal of nonverbal behavior*, 27, 145-162.
- Lakoff, G. (1976). Toward generative semantics. In *Notes from the linguistic underground* (pp. 43-61). Brill.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the Flesh: The Embodied Mind and Its Challenge to Western Thought*. Basic.
- Lakoff, G., & Núñez, R. (2000). *Where mathematics comes from: How the embodied mind brings mathematics into being*. Basic Books.
- Lallemant, C., Koenig, V., Gronier, G., & Martin, R. (2015). Création et validation d’une version française du questionnaire AttrakDiff pour l’évaluation de l’expérience utilisateur des systèmes interactifs. *European Review of Applied Psychology*, 65(5), 239-252.
- Lancia, G. L., Eluchans, M., D’Alessandro, M., Spiers, H. J., & Pezzulo, G. (2023). Humans account for cognitive costs when finding shortcuts: An information-theoretic analysis of navigation. *PLOS Computational Biology*, 19(1), e1010829.
- Langar, S. (2018). *L’évolution de l’Islam en France et ses répercussions dans l’école et la société: de la Marche pour l’égalité à l’affirmation des revendications identitaires et religieuses: une problématique de la reconnaissance: enquête théorique et empirique* (Doctoral dissertation, Lyon).
- Laplantine, F. (2001). *L’anthropologie* (3e éd.). Petite bibliothèque Payot.

- Latour, B. (1988). The politics of explanation: An alternative. *Knowledge and reflexivity: New frontiers in the sociology of knowledge*, 10, 155-176.
- Latour, B. (2013). *Nous n'avons jamais été modernes: essai d'anthropologie symétrique*. La découverte.
- Laughlin, P. R., Hatch, E. C., Silver, J. S., & Boh, L. (2006). Groups perform better than the best individuals on letters-to-numbers problems: effects of group size. *Journal of Personality and Social Psychology*, 90(4), 644.
- Launois, P., Allotey, P., Reidpath, D., Maher, D., Certain, E., & Ross, B. (2019). Lessons Learnt from a Professional Development MOOC: Engaging Culturally and Linguistically Diverse Learners from Low-and Middle-Income Countries. *European Journal of Open, Distance and E-learning*, 22(2).
- Lave, J. (1988). *Cognition in Practice*. Cambridge University Press.
- Lave, J. (1993). The practice of learning. In Lave, J., & Chaiklin, S. (Eds.). *Understanding practice: Perspectives on activity and context*. Cambridge University Press. pp. 3-32.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge university press.
- Law, J. (1987). On the social explanation of technical change: The case of the Portuguese maritime expansion. *Technology and Culture*, 28(2), 227-252.
- Lazarsfeld P., Berelson B., Gaudet H. (1944). *The people's choice: How the voter makes up his mind in a presidential campaign*, New York: Duell, Sloan and Pearce.
- Lazarsfeld P., Katz E. (1955). Personal influence. The part played by people in the flow of mass communications. A report of the Bureau of Applied Social Research, Columbia University. Glencoe : The Free Press.
- Le Goff, J. P. (1992). *Le mythe de l'entreprise*. La Découverte.
- Lee, D., Watson, S. L., & Watson, W. R. (2019). Systematic literature review on self-regulated learning in massive open online courses. *Australasian Journal of Educational Technology*, 35(1). <https://doi.org/10.14742/ajet.3749>
- Lee, J. (2023). Enactivism Meets Mechanism: Tensions & Congruities in Cognitive Science. *Minds and Machines*, 1-32.
- Legeay, V. (2020). «Être apte» chez Spinoza. Histoire et significations. Classiques Garnier.

- Leibniz, G. W. (2012). *Philosophical papers and letters: A selection* (Vol. 2). Springer Science & Business Media.
- Leikin, R., & Dinur, S. (2007). Teacher flexibility in mathematical discussion. *The Journal of Mathematical Behavior*, 26(4), 328-347.
- Lemieux, C. (2011). Jugements en action, actions en jugements: Ce que la sociologie des épreuves peut apporter à l'étude de la cognition. In L. Kaufmann & F. Clément (Eds.), *La sociologie cognitive* (pp. 249–274). Paris: Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme.
- Lemieux, C. (2015). L'hypothèse de la régression vers les habitus et ses implications. Dobry, lecteur de Bourdieu. Myriam Aït-Aoudia, Antoine Roger (éd.), *La logique du désordre. Relire la sociologie de Michel Dobry*. Presses de Sciences Po, 71-92.
- Lenoir, F. (2017). *Le miracle Spinoza: une philosophie pour éclairer notre vie*. Fayard.
- Lenoir, R. (2004). Espace social et classes sociales chez Pierre Bourdieu. *Sociétés Représentations*, (1), 385-396.
- Lenski, G. E. (1954). Status crystallization: a non-vertical dimension of social status. *American sociological review*, 19(4), 405-413.
- Leplat, J. (2013). Les gestes dans l'activité en situation de travail. Aperçu de quelques problèmes d'analyse. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, (15-1).
- Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C. P., Van Gog, T., & Van Merriënboer, J. J. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior research methods*, 45, 1058-1072.
- Lessig, L. (2009). *Code: And other laws of cyberspace*. ReadHowYouWant. com.
- Levinson, A. J., Weaver, B., Garside, S., McGinn, H., & Norman, G. R. (2007). Virtual reality and brain anatomy: a randomised trial of e-learning instructional designs. *Medical education*, 41(5), 495-501.
- Lévy, P. (2013). *L'intelligence collective: pour une anthropologie du cyberspace*. La Découverte.
- Lewin, K. (1975). *Psychologie dynamique : les relations humaines*. [5e édition]. Presses universitaires de France.
- Liang, D. W., Moreland, R., & Argote, L. (1995). Group versus individual training and group performance: The mediating role of transactive memory. *Personality and social psychology*

bulletin, 21(4), 384-393.

Lin, C., Cook, R. S. & Burt (2001). *Social capital: theory and research*.

Linard, M. (2001). Concevoir des environnements pour apprendre : L'activité humaine, cadre organisateur de l'interactivité technique. *Sciences et techniques éducatives*, 8 (3-4), 211-238.

Linard, M. (2001). Concevoir des environnements pour apprendre: l'activité humaine, cadre organisateur de l'interactivité technique. *Sciences et techniques éducatives*, 8(3-4), 211-238.

Linde, C. (1988). The quantitative study of communicative success: Politeness and accidents in aviation discourse. *Language in society*, 17(3), 375-399.

Lindgren, R., & Johnson-Glenberg, M. (2013). Emboldened by embodiment: Six precepts for research on embodied learning and mixed reality. *Educational researcher*, 42(8), 445-452.

Lisjak, M., Molden, D. C., & Lee, A. Y. (2012). Primed interference: The cognitive and behavioral costs of an incongruity between chronic and primed motivational orientations. *Journal of personality and social psychology*, 102(5), 889.
<https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/a0027594>

Littlejohn, A., Hood, N., Milligan, C., & Mustain, P. (2016). Learning in MOOCs: Motivations and self-regulated learning in MOOCs. *The internet and higher education*, 29, 40-48.

Liyanagunawardena, T. R., Williams, S., & Adams, A. A. (2013). The impact and reach of MOOCs: A developing countries' perspective. *eLearning Papers*, 38-46.

Lobato, J. (2006). Alternative perspectives on the transfer of learning: History, issues, and challenges for future research. *The journal of the learning sciences*, 15(4), 431-449.

LoLordo, A. (2005). 'Descartes's One Rule of Logic': Gassendi's Critique of the Doctrine of Clear and Distinct Perception. *British Journal for the History of Philosophy*, 13(1), 51-72.

Longcamp, M., Boucard, C., Gilhodes, J. C., & Velay, J. L. (2006). Remembering the orientation of newly learned characters depends on the associated writing knowledge: A comparison between handwriting and typing. *Human movement science*, 25(4-5), 646-656.

Longcamp, M., Zerbato-Poudou, M. T., & Velay, J. L. (2005). The influence of writing practice on letter recognition in preschool children: A comparison between handwriting and typing. *Acta psychologica*, 119(1), 67-79.

Lordon, F. (2011). L'intérêt souverain: Essai d'anthropologie économique spinoziste. la Découverte.

- Luisi, P. L. (2003). Autopoiesis: a review and a reappraisal. *Naturwissenschaften*, *90*(2), 49-59.
- Luneau, A., Demeulenaere, É., Duvail, S., Chlous, F., & Julliard, R. (2021). Le tournant démocratique de la citizen science: sociologie des transformations d'un programme de sciences participatives. *Participations*, *31*(3), 199-240.
- Lussi Borer, V., & Muller, A. (2014). Exploiter le potentiel des processus de renormalisation en formation à l'enseignement. *Activités*, *11*(11-2).
- Luyat, M. & Regia-Corte, T. (2009). Les affordances : de James Jerome Gibson aux formalisations récentes du concept. *L'Année psychologique*, *109*, 297-332. <https://doi.org/10.3917/anpsy.092.0297>
- Magni, F., & Manzoni, B. (2020). When thinking inside the box is good: The nuanced relationship between conformity and creativity. *European Management Review*, *17*(4), 961-975.
- Magogeat, Q., et Chaker, R. S'engager dans un projet de robotique et de programmation à l'école primaire : l'intéressement et l' enrôlement des enseignants. [en préparation].
- Mahajan, R. P. (2010). Critical incident reporting and learning. *British journal of anaesthesia*, *105*(1), 69-75.
- Maiese, M. (2021). Enactivism, the Field of Affordances, and Mental Disorder. *Journal of Mind & Behavior*, *42*(2).
- Mandler, G. (2014). The structure of value: Accounting for taste. In *Affect and cognition* (pp. 3-36). Psychology Press.
- Marquet, P. (2005, Mai). Intérêt du concept de conflit instrumental pour la compréhension des usages des EIAH. Dans *EIAH 2005 (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain)* (pp. 383-388). INRP.
- Marquet, P. (2011). e-Learning et conflit instrumental. Entre didactique, pédagogie et technique. *Recherche et formation*, (68), 31-46.
- Marsh, D. M., & Hanlon, T. J. (2007). Seeing what we want to see: Confirmation bias in animal behavior research. *Ethology*, *113*(11), 1089-1098.
- Martinie, M. A., Olive, T., & Milland, L. (2010). Cognitive dissonance induced by writing a counterattitudinal essay facilitates performance on simple tasks but not on complex tasks that involve working memory. *Journal of experimental social psychology*, *46*(4), 587-594.

- Martiny, S. E., & Nikitin, J. (2019). Social identity threat in interpersonal relationships: Activating negative stereotypes decreases social approach motivation. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 25(1), 117. <http://dx.doi.org/10.1037/xap0000198>
- Marzano, M. (2022). *La philosophie du corps*. Presses Universitaires de France.
- Massot, B., et al (2011). EmoSense: An ambulatory device for the assessment of ANS activity. *IEEE Sensors Journal*, 12(3).
- Maturana, H. et Varela, F.J. (1989). *Autonomie et connaissance : essai sur le vivant*. Paris : Seuil.
- Mayer, R., & Sims, V. (1994). Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Educational psychology*, 86(3).
- McCarthy, T. (1991). The Recent Work of Jürgen Habermas: Reason, Justice and Modernity.
- McGann, M., & De Jaegher, H. (2009). Self–other contingencies: Enacting social perception. *Phenomenology and the cognitive sciences*, 8, 417-437.
- McSweeney, B. (2021). Fooling ourselves and others: confirmation bias and the trustworthiness of qualitative research–Part 1 (the threats). *Journal of Organizational Change Management*, 34(5), 1063-1075.
- Mead, G. H. (1934). *Mind, self, and society (Vol. 111)*. University of Chicago press.
- Melamed, Y. Y. (2006). Inherence and the immanent cause in Spinoza. *The Leibniz Review*, 16, 43-52.
- Merleau-Ponty, M. (1945/1976). *Phénoménologie de la perception*. Gallimard.
- Miech, R., Essex, M. J., & Goldsmith, H. H. (2001). Socioeconomic status and the adjustment to school: The role of self-regulation during early childhood. *Sociology of education*, 102-120.
- Miller, D. T., & Ross, M. (1975). Self-serving biases in the attribution of causality: Fact or fiction?. *Psychological bulletin*, 82(2), 213.
- Millet, M. (2022). Ce que le cerveau n'a pas dans la tête. Socialisation, histoire et cognition. *Socio-logos. Revue de l'association française de sociologie*, (16).
- Milligan, C., & Littlejohn, A. (2014). Supporting professional learning in a massive open online course. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 15(5), 197-213.
- Milligan, C., Littlejohn, A., & Margaryan, A. (2013). Patterns of engagement in connectivist

- MOOCs. *Journal of Online Learning & Teaching*, 9(2) 149-159.
- Mills, C. W. (1940). Situated actions and vocabularies of motive. *American sociological review*, 5(6), 904-913.
- Minkowski, E. (1933). Le temps vécu. Étude phénoménologique et psychopathologique. Delachaux & Nestlé.
- Misrahi, R. (2005). 100 mots sur l'Éthique de Spinoza.
- Models and Distributed Cognition. In Nardi, B. (ed) *Context and Consciousness: Activity*
- Moffat, R., Caruana, N., & Cross, E. S. (2024). Inhibiting responses under the watch of a recently synchronized peer increases self-monitoring: evidence from functional near-infrared spectroscopy. *Open Biology*, 14(2), 230382.
- Mogan, R., Fischer, R., & Bulbulia, J. A. (2017). To be in synchrony or not? A meta-analysis of synchrony's effects on behavior, perception, cognition and affect. *Journal of Experimental Social Psychology*, 72, 13-20.
- Moore, J. L., & Rocklin, T. R. (1998). The distribution of distributed cognition: Multiple interpretations and uses. *Educational Psychology Review*, 10, 97-113.
- Morales-Chicas, J., Castillo, M., Bernal, I., Ramos, P., & Guzman, B. L. (2019). Computing with relevance and purpose: A review of culturally relevant education in computing. *International Journal of Multicultural Education*, 21(1), 125-155.
- Moreau, J. (1971). *Spinoza et le spinozisme*, PUF, coll.«. *Que sais-je*.
- Morgagni, S. (2011). Repenser la notion d'affordance dans ses dynamiques sémiotiques. *Intellectica*, 55, 241-267.
- Morineau, T. (2011). Turing machine task analysis: a method for modelling affordances in the design process. *International Journal of Design Engineering*, 4(1), 58-70.
- Morris, N. P., Swinnerton, B. J., & Hotchkiss, S. (2015). Can demographic information predict MOOC learner outcomes? In *Experience track: proceedings of the European MOOC stakeholder*. Leeds.
- Muller, A., & Giger, I. P. (2014). Dispositions à agir, travail et formation. *Coordonné par Caroline LEININGER-FRÉZAL*, 196.
- Mumford, L. (1963/2010). *Technics and civilization*. University of Chicago Press.

- Musial, M., Pradère, F., & Tricot, A. (2023). *Comment concevoir un enseignement?*. De Boeck Supérieur.
- Nahapiet, J., & Ghoshal, S. (1998). Social capital, intellectual capital, and the organizational advantage. *Academy of Management Review*, 23, 242-266.
- Nardi, B.A. (1996). Studying Context: A Comparison of Activity Theory, Situated Action
- Nassim, N. T. (2007). The Black Swan: The impact of the highly improbable. *Random House*.
- Naveed Uddin, M. (2019). Cognitive science and artificial intelligence: simulating the human mind and its complexity. *Cognitive Computation and Systems*, 1(4), 113-116. <https://doi.org/10.1049/ccs.2019.0022>
- Näykki, P., Isohätälä, J., Järvelä, S., Pöysä-Tarhonen, J., & Häkkinen, P. (2017). Facilitating socio-cognitive and socio-emotional monitoring in collaborative learning with a regulation macro script—an exploratory study. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 12, 251-279.
- Newen, A., De Bruin, L., & Gallagher, S. (Eds.). (2018). *The Oxford handbook of 4E cognition*. Oxford University Press.
- Nguyên-Duy, V., & Luckerhoff, J. (2006). Constructivisme/positivisme: où en sommes-nous avec cette opposition. *Les actes*, 5, 4-18.
- Nicco-Kerivel, C. (2004). *Puissance et individu chez Descartes, Hobbes et Spinoza* (Doctoral dissertation, Paris 4).
- Njingang Mbadjoin, T., & Chaker, R. (2022). Les liens entre les objectifs de formation, les facteurs sociodémographiques et la réussite chez des participants à un MOOC professionnalisant. *Revue Des Sciences De l'éducation De McGill*, 56(1).
- Nkomo, L., et al. (2021). Synthesis of student engagement with digital technologies. *Int J of Educ Tech in High Edu*, 18(1).
- Nogry, S. (2020). Des objets pour apprendre. Articulation entre dynamiques d'appropriation en situation d'apprentissage et développement [mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université Paris 8, France].
- Norman, D. A. (1988). *The psychology of everyday things*. Basic books.
- Norman, D. A. (1993). *Things that make us smart*. Addison-Wesley.
- Noukakis, D., Escher, G., & Aebischer, P. (2016). De Lausanne à Yaoundé: l'aventure des

MOOCs Pratiques et recherche sur les MOOCs, à Lausanne et en Afrique francophone. *Réalités Industrielles*, Mai. **Erreur ! Référence de lien hypertexte non valide.**

Ortiz, B., Donate, M. J., & Guadamillas, F. (2018). Inter-organizational social capital as an antecedent of a firm's knowledge identification capability and external knowledge acquisition. *Journal of Knowledge Management*.

Oudet, S. F. (2012). Concevoir des environnements de travail capacitants: l'exemple d'un réseau réciproque d'échanges des savoirs. *Formation emploi. Revue française de sciences sociales*, (119), 7-27.

Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational psychologist*, 38(1), 1-4.

Palominos, E., Levett-Jones, T., Power, T., & Martinez-Maldonado, R. (2022). A conceptual model to inform the design of healthcare simulations that promote errors as a catalyst for learning: A discussion paper. *Nurse Education in Practice*, 65, 103500.

Paolucci, C. (2021). L'énonciation comme addition de soustractions: niches sémiotiques, instances énonçantes et sense-making. *Actes Sémiotiques*, 125.

Parr, T., & Friston, K. J. (2019). Generalised free energy and active inference. *Biological cybernetics*, 113(5-6), 495-513.

Pasquier, D. (2022). Le numérique à l'épreuve des fractures sociales. *Informations sociales*, 205, 14-20. <https://doi.org/10.3917/inso.205.014>

Pastré P. et Samurçay R. (2001). « Travail et compétence : un point de vue de didacticiens. Activités de travail et dynamique des compétences », in J. Leplat et M. de Montmollin (Eds.), *Les compétences en ergonomie* (p. 147-160). Octarès.

Pastré, P. (2011). La didactique professionnelle. Approche anthropologique du développement chez les adultes. PUF.

Pastré, P., Mayen, P., & Vergnaud, G. (2006). La didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, (154), 145-198.

Pea, R. D. (1993). Practices of distributed intelligence and designs for education. *Distributed cognitions: Psychological and educational considerations*, 11, 47-87.

Peirce, C. S. (1934): "Questions Concerning Certain Faculties Claimed for Men". In: *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*. Vol. V. Charles Hartshorne/Peter Weiss (Eds.). Vols. VII-

- VIII. Arthur W. Burks (Ed.). Cambridge (MA): Belknap, pp. 213 – 263.
- Perez-Roux, T. (2011). Changer de métier pour devenir enseignant : transitions professionnelles et dynamiques identitaires. *Recherche en éducation*, 1(11), 39-54.
- Perls, F. S. (1969). *Gestalt Therapy Verbatim*. Lafayette.
- Perrenoud, P. (1993). Curriculum: le formel, le réel, le caché. *La pédagogie: une encyclopédie pour aujourd'hui*, 61-76.
- Peschard, I. (2004). La réalité sans représentation, la théorie de l'énaction et sa légitimité épistémologique (Doctoral dissertation, Ecole Polytechnique X).
- Pezzulo, G., & Cisek, P. (2016). Navigating the affordance landscape: feedback control as a process model of behavior and cognition. *Trends in cognitive sciences*, 20(6), 414-424. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.03.013>
- Pezzulo, G., Barca, L., Bocconi, A. L., & Borghi, A. M. (2010). When affordances climb into your mind: Advantages of motor simulation in a memory task performed by novice and expert rock climbers. *Brain and Cognition*, 73(1), 68-73.
- Pezzulo, G., Barsalou, L. W., Cangelosi, A., Fischer, M. H., McRae, K., & Spivey, M. (2013). Computational grounded cognition: a new alliance between grounded cognition and computational modeling. *Frontiers in psychology*, 3, 33210. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00612>
- Pezzulo, G., Rigoli, F., & Friston, K. (2015). Active Inference, homeostatic regulation and adaptive behavioural control. *Progress in neurobiology*, 134, 17-35. <http://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2015.09.001>
- Pharo, P. (2011). Réalisme cognitif et dépendance pratique. In F. Clément et L. Kaufmann. *La Sociologie cognitive*, Edition de la Maison des sciences de l'homme, 299-324.
- Piaget, J. (1950). *La psychologie de l'intelligence*. Armand Colin.
- Piaget, J. (1972). *Six études de psychologie*. Gallimard.
- Piaget, J. (1979). Théories du langage, théories de l'apprentissage: Le débat entre Jean Piaget et Noam Chomsky au Centre de Royaumont pour une science de l'homme. In Piatelli-Palmarini, M. (Ed.). Seuil.
- Pickering, M. (2011). Le positivisme philosophique: Auguste Comte. *Revue interdisciplinaire d'études juridiques*, 67(2), 49-67.

- Piray, P., & Daw, N. D. (2020). Linear reinforcement learning: Flexible reuse of computation in planning, grid fields, and cognitive control. *BioRxiv*, 856849.
- Plantard, P. (2021). La fracture numérique : mythe ou réalité ? *Éducation Permanente*, 226, 99-110. <https://doi.org/10.3917/edpe.226.0099>
- Pledel I. (2007). Le blog face à la clôture informationnelle : la délibération au service de l'apprentissage. *Distances et savoirs*, 5(2), 275-288. DOI : [10.3166/ds.5.275-288](https://doi.org/10.3166/ds.5.275-288)
- Plowman, L., Rogers, Y., & Ramage, M. (1995, September). What are workplace studies for?. In Proceedings of the Fourth European Conference on Computer-Supported Cooperative Work ECSCW'95: 10–14 September, 1995, Stockholm, Sweden (pp. 309-324). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Pobric, G., Jefferies, E., & Ralph, M. A. L. (2010). Amodal semantic representations depend on both anterior temporal lobes: evidence from repetitive transcranial magnetic stimulation. *Neuropsychologia*, 48(5), 1336-1342.
- Poizat, G., & Durand, M. (2017). Réinventer le travail et la formation des adultes à l'ère du numérique: état des lieux critique et prospectif. *Raisons éducatives*, (1), 19-44.
- Polo, C. et Chaker, R. (2020). Accompagner la réussite. Promesses et limites du dispositif mixte CLEFS pour l'Université. *Distances et Médiations des Savoirs*, 30.
- Polo, C., Simonian, S., & Chaker, R. (2022). Affording Emotional Regulation of Distant Collaborative Argumentation-Based Learning at University. *Educational Technology International*, 23(1). <https://doi.org/10.23095/ETI.2022.23.1.001>
- Polo, C., Simonian, S., & Chaker, R. (2023). Distant collaboration at university: Anticipatory and reactive emotion regulation of argumentation-based learning. In Damşa, C., Borge, M., Koh, E., & Worsley, M. (Eds.), *Proceedings of the 16th International Conference on Computer-Supported Collaborative Learning - CSCL 2023* (pp. 11-18). International Society of the Learning Sciences. <https://doi.org/10.22318/cscl2023.360863>
- Pouw, W. T., De Nooijer, J. A., Van Gog, T., Zwaan, R. A., & Paas, F. (2014). Toward a more embedded/extended perspective on the cognitive function of gestures. *Frontiers in psychology*, 5, 359.
- Pouw, W. T., Mavilidi, M. F., Van Gog, T., & Paas, F. (2016). Gesturing during mental problem solving reduces eye movements, especially for individuals with lower visual working memory capacity. *Cognitive Processing*, 17, 269-277.

- Puentedura, R. (2012). The SAMR model: Six exemplars. *Retrieved August, 14, 2012.*
- Puma, S., & Tricot, A. (2021). Prendre en compte la mémoire de travail lors de la conception de situations d'apprentissage scolaire. *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant, 171*, 217-225.
- Putnam, R. (1993). *Making democracy work: Civic traditions in modern Italy*. Princeton, N. J.: Princeton University Press.
- Putnam, R. D. (2000). *Bowling alone: The collapse and revival of American community*. Simon and Schuster.
- Pylyshyn, Z. W. (1984). *Computation and cognition*. Cambridge Press.
- Quandt, F., Reichert, C., Hinrichs, H., Heinze, H. J., Knight, R. T., & Rieger, J. W. (2012). Single trial discrimination of individual finger movements on one hand: a combined MEG and EEG study. *NeuroImage, 59*(4), 3316-3324.
- Quéré, L. (1997). La situation toujours négligée? *Réseaux. Communication-technologie-société, 15*(85), 163-192.
- Quéré, L. (2011). L'erreur Dans La Cognition Sociale. In F. Clément & L. Kaufmann (Eds.), *La sociologie cognitive* (pp. 219–248). Paris: Éditions de la Maison des sciences de l'homme.
- Quick, T., & Dautenhahn, K. (1999). Making embodiment measurable. Proceedings of '4. Fachtagung der Gesellschaft für Kognitionswissenschaft'. Bielefeld, Germany.
- Quintos, B., & Civil, M. (2008). Parental Engagement in a Classroom Community of Practice: Boundary Practices as Part of a Culturally Responsive Pedagogy. *Adults Learning Mathematics, 3*(n2a), 59-71.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- Rafalow, M. H. (2018). Disciplining play: Digital youth culture as capital at school. *American journal of sociology, 123*(5), 1416-1452.
- Rafalow, M. H. (2018). Disciplining play: Digital youth culture as capital at school. *American journal of sociology, 123*(5), 1416-1452.
- Raja, V., Valluri, D., Baggs, E., Chemero, A., & Anderson, M. L. (2021). The Markov blanket trick: On the scope of the free energy principle and active inference. *Physics of Life Reviews, 39*, 49-72. <https://doi.org/10.1016/j.plrev.2021.09.001>

- Ramond, C. (2001). Éternité, extériorité—Sur une dimension prophétique de la philosophie de Spinoza. *Quel Avenir pour Spinoza?—Enquête sur les spinozismes à venir*, Lorenzo VINCIGUERRA éd, 207-228.
- Ramstead, M. J., Kirshoff, M. D., & Friston, K. J. (2020). A tale of two densities: Active inference is enactive inference. *Adaptive behavior*, 28(4), 225-239.
- Ramstead, M. J., Veissière, S. P., & Kirmayer, L. J. (2016). Cultural affordances: Scaffolding local worlds through shared intentionality and regimes of attention. *Frontiers in psychology*, 7, 1090. **Erreur ! Référence de lien hypertexte non valide.**
- Rastier, F., Cavazza, M., & Abeillé, A. (1994). *Sémantique pour l'analyse: de la linguistique à l'informatique*. Editions Masson.
- Rasuli, M. H. (2020). The Significance of a Lesson plan and Its Considerations in Teaching and Learning Process. *IJRAR-International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)*, 7(1), 852-857.
- Redish, E. F. (2004). A theoretical framework for physics education research: Modeling student thinking. *arXiv preprint physics/0411149*.
- Remillard, J. T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of educational research*, 75(2), 211-246.
- Renard, L. & Zimmermann, B. (2021). Valuations et sens de la dissonance. Entretien avec David Stark. *Revue Française de Socio-Économie*, 27, 175-184. <https://doi.org/10.3917/rfse.027.0175>
- Renard, L., Zimmermann, B., Tamitegama, S., & Stark, D. (2021). Valuations et sens de la dissonance. Entretien avec David Stark. *Revue française de socio-Economie*, 27, 175-184.
- Resnick, L. B. (1991). Shared cognition: Thinking as social practice.
- Revel, J. (Ed.). (1996). *Jeux d'échelles: la micro-analyse à l'expérience*. FeniXX.
- Reynolds, J., & Cruise, S. (2020). Factors that influence persistence among undergraduate students: An analysis of the impact of socioeconomic status and first-generation students. *Interchange*, 51(2), 199-206. **Erreur ! Référence de lien hypertexte non valide.**
- Reyssier, S. (2021). *Approche écologique du comportement motivé et EIAH gamifié. Le cas d'une activité d'apprentissage du calcul littéral en 4ème* (Doctoral dissertation, Université lumière Lyon 2).

- Reyssier Dumas, S., Valorge, M., et Chaker, R. (2022). Étudier l'innovation techno-pédagogique à partir des affordances. In J. Cintéro et S. Simonian (dir), *Questionner l'innovation : Lectures axiologiques*. Raison et Passions.
- Rice, L. C. (1977). Emotion, appetition, and conatus in Spinoza. *Revue internationale de philosophie*, 101-116.
- Rice, L. C. (1992). La causalité adéquate chez Spinoza. *Philosophiques*, 19(1), 45-49.
- Ricœur, P. (2005). *Parcours de la reconnaissance*. Folio essais.
- Rietveld, E. (2008). Situated normativity: The normative aspect of embodied cognition in unreflective action. *Mind*, 117(468), 973–1001.
- Rietveld, E., & Kiverstein, J. (2014). A Rich landscape of affordances. *Ecological Psychology*, 26(4), 325–352. <https://doi.org/10.1080/10407413.2014.958035>
- Rizvi, S., Rienties, B., Rogaten, J., & Kizilcec, R. F. (2022). Beyond one-size-fits-all in MOOCs: Variation in learning design and persistence of learners in different cultural and socioeconomic contexts. *Computers in Human Behavior*, 126, 106973.
- Roach V.A., et al. (2017). Spatial ability influences where individuals look on a timed spatial test. *ASE*, 10(3).
- Roach, V. A., et al. (2019). Guiding low spatial ability individuals through visual cueing. *Anat Sciences Educ*, 12(1).
- Roberts, N. C. (2006). Public entrepreneurship as social creativity. *World futures*, 62(8), 595-609.
- Rochester, N. N. (2021). *Differentiated Instruction and Flexible Grouping in Elementary Grades* (Doctoral dissertation, Walden University).
- Rogalski, J. (2004). La didactique professionnelle: une alternative aux approches de «cognition située» et «cognitivist» en psychologie des acquisitions. *Activités*, 1(1-2).
- Rogat, T. K., & Linnenbrink-Garcia, L. (2011). Socially shared regulation in collaborative groups: An analysis of the interplay between quality of social regulation and group processes. *Cognition and instruction*, 29(4), 375-415.
- Rogers, C. (2000). Person-centred therapy. *Six key approaches to counselling and therapy*, 1, 98-105.
- Rohs, M., & Ganz, M. (2015). MOOCs and the claim of education for all: A disillusion by

empirical data. *International review of research in open and distributed learning*, 16(6), 1-19.

Röllli, M. (2011). Phénoménologie et empirisme s'excluent-ils mutuellement ? Réflexions à partir des Lignes de rupture de l'expérience de Bernhard Waldenfels. *Revue germanique internationale*, (13), 109-123. **Erreur ! Référence de lien hypertexte non valide.**

Román-González, M., Pérez-González, J. C., & Jiménez-Fernández, C. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in human behavior*, 72, 678-691.

Romero, M., Duflot, M., & Viéville, T. (2019). Le jeu du robot: analyse d'une activité d'informatique débranchée sous la perspective de la cognition incarnée. *Review of science, mathematics and ICT education*, 13(1).

Roquet, P. (2010). Temporalités, activités formatives et professionnelles. *Recherches qualitatives*, 8, 76-92.

Rosa, H. (2021). Résonance: une sociologie de la relation au monde. La Découverte.

Rose, S., Habgood, J., & Jay, T. (2017). An exploration of the role of visual programming tools in the development of young children's computational thinking. *Electronic journal of e-learning*, 15(4), 297-309.

Rosen, M. L., Cerullo, J., Martinez, G., Mione, K. K., Note, A., & Vasquez, N. (2020). Letting go of the lesson plan: spontaneity and flexibility in a learner-centered approach to maximize learning in a graduate school setting. *Transformations*, 30(2), 163-173.

Roublot, F. (2009). Vers une modélisation des dynamiques expérientielles en formation: méthode et perspectives. In *Colloque international de l'Association Recherches et pratiques en didactique professionnelle, L'expérience, Dijon*.

Roublot, F. et Meuwly, M. (2014). Dynamiques expérientielles, dispositions à agir et transformations institutionnelles : construction et actualisation de formes d'expériences dispositionnelles dans une équipe de production d'une œuvre lyrique. Dans Muller, A., & Giger, I. P. *Dispositions à agir, travail et formation*. Octarès.

Rovere, M. (2007). Avoir commerce: Spinoza et les modes de l'échange. *Astérion. Philosophie, histoire des idées, pensée politique*, 5.

Ruipérez-Valiente, J. A., Halawa, S., & Reich, J. (2019, June). Multiplatform MOOC analytics: Comparing global and regional patterns in edX and Edraak. In *Proceedings of the sixth (2019)*

ACM conference on learning@ scale (pp. 1-9).

Russ, J. (1980). *Savoir et pouvoir* (2): La fin des dogmes. FeniXX.

Ruthven, K., Hennessy, S., & Deaney, R. (2008). Constructions of dynamic geometry: A study of the interpretative flexibility of educational software in classroom practice. *Computers & Education*, 51(1), 297-317.

Ryan, R. M., & Connell, J. P. (1989). Perceived locus of causality and internalization: examining reasons for acting in two domains. *Journal of personality and social psychology*, 57(5), 749.

Salomon, G. (1993). No distribution without individuals' cognition: A dynamic interactional view. *Distributed cognitions: Psychological and educational considerations*, 111-138.

Sampson, E. E. (1963). Status congruence and cognitive consistency. *Sociometry*, 146-162.

Saqr, M., Nouri, J. & Jormanainen, I. (2019). A Learning Analytics Study of the Effect of Group Size on Social Dynamics and Performance in Online Collaborative Learning. In: Scheffel, M., Broisin, J., Pammer-Schindler, V., Ioannou, A., Schneider, J. (eds) *Transforming Learning with Meaningful Technologies. EC-TEL 2019. Lecture Notes in Computer Science*, vol 11722. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29736-7_35

Sarirete, A., & Brahim, T. (2014, November). Enabling communities of practice within MOOCs. In 2014 *International Conference on Web and Open Access to Learning (ICWOAL)* (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICWOAL.2014.7009232>

Saucier, A. (2020). La téléologie chez Spinoza.

Savard, I., Bourdeau, J., & Paquette, G. (2020). Considering cultural variables in the instructional design process: A knowledge-based advisor system. *Computers & Education*, 145, 103722.

Sawayama, M., Lemesle, Y., & Oudeyer, P. Y. (2022). *Watching artificial intelligence through the lens of cognitive science methodologies*. juillet 2022. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03729242>

Schank, R. C., & Abelson, R. P. (1975, September). Scripts, plans, and knowledge. In *IJCAI* (Vol. 75, pp. 151-157).

Scherr, R. E., & Hammer, D. (2009). Student behavior and epistemological framing: Examples from collaborative active-learning activities in physics. *Cognition and Instruction*, 27(2), 147-

174. <https://doi.org/10.1080/07370000902797379>

Schoenfeld, A. H. (2010). *How we think: A theory of goal-oriented decision making and its educational applications*. Routledge.

Schumm, W. R. (2021). Confirmation bias and methodology in social science: an editorial. *Marriage & Family Review*, 57(4), 285-293.

Schunk, D.H., Zimmerman B. J. (1998). *Self-regulated learning, from teaching to self-reflective practice*. New York: The Guilford Press.

Schütz, A. (1987). *Le chercheur et le quotidien*. Méridiens Klincksieck.

Scott, A. J., & Knott, M. (1974). A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 507-512.

Scott, K. A., & White, M. A. (2013). COMPUGIRLS' standpoint: Culturally responsive computing and its effect on girls of color. *Urban Education*, 48(5), 657-681.

Scott, K. A., Sheridan, K. M., & Clark, K. (2015). Culturally responsive computing: A theory revisited. *Learning, Media and Technology*, 40(4), 412-436.

Segundo-Ortin, M. (2022). Socio-cultural norms in ecological psychology: The education of intention. *Phenomenology and the cognitive Sciences*, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s11097-022-09807-9>

Sen A.K. (1985), *Commodities and Capabilities*. Amsterdam, North Holland.

Sharrock, W., & Coulter, J. (1998). On what we can see. *Theory & Psychology*, 8(2), 147-164.

Shaw, R., & Turvey, M. T. (2017). Coalitions as models for ecosystems: A realist perspective on perceptual organization. In *Perceptual organization* (pp. 343-415). Routledge.

Sheldon, K. M., & Elliot, A. J. (1999). Goal striving, need satisfaction, and longitudinal well-being: the self-concordance model. *Journal of personality and social psychology*, 76(3), 482.

Sherif, M. (1936). *The psychology of social norms*. Harper.

Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1), 3-10. http://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm

Silvertown, J. (2009). A new dawn for citizen science. *Trends in ecology & evolution*, 24(9), 467-471.

- Simon, H. A. (1981). *The sciences of the artificial*, 1969. *Massachusetts Institute of Technology*.
- Simondon, G. (1989). *Du mode d'existence des objets techniques*. Aubier.
- Simonian, S. (2014). Réhabiliter l'homme avec la technologie. *Recherches en éducation*, (18).
- Simonian, S. (2015). L'affordance socioculturelle une approche éco-anthropocentrée des objets techniques. Le cas des environnements numériques d'apprentissage, Habilitation à Diriger les Recherches, Université Rennes 2.
- Simonian, S. (2019). L'affordance, pour comprendre les rapports au numérique. *Éducation permanente*, (2), 61-70.
- Simonian, S. (2020). Approche écologique des environnements instrumentés: comprendre le phénomène d'affordance socioculturelle. *Savoirs*, 52(1), 93-108.
- Simonian, S. (2022). *L'affordance socioculturelle des objets techniques*. Presses Universitaire de Rouen et du Havre.
- Simonian, S., Chaker, R. et Kaplan, J. (2019). Affordance en e-formation et régulation de l'apprentissage : une exploration dans un contexte d'études universitaires. *TransFormations*, 17.
- Simons, P. R. J. (1999). Transfer of learning: Paradoxes for learners. *International journal of educational research*, 31(7), 577-589.
- Slimak, L. (2023). *Le Dernier Néandertalien*. Odile Jacob.
- Soenens, B., & Vansteenkiste, M. (2011). When is identity congruent with the self? A self-determination theory perspective. In *Handbook of identity theory and research* (pp. 381-402). New York, NY: Springer New York.
- Sperber, D., 2006. « Why a deep understanding of cultural evolution is incompatible with shallow psychology », in N. Enfield et S. Levinson (eds), *Roots of Human Sociality : Culture, Cognition and Interaction*, Oxford, Berg Publishers : 431-449.
- Spinoza, B. (1677/2006). *Éthique*. Seuil.
- Spinoza, B. (1999). *Traité de la réforme de l'entendement et autres textes*. Vrin.
- Spinoza, B. (2010). *Traité théologico-politique*. Flammarion.
- Spinoza, B. (2016). *Correspondance (1670-1676)*. Garnier.
- Spitzer, M. (2015). M-Learning? When it comes to learning, smartphones are a liability, not an asset. *Trends in Neuroscience and Education*, 4(4), 87-91.

- Spitzer, M. (2016). Outsourcing the mental? From knowledge-on-demand to Morbus Google. *Trends in Neuroscience and Education*, 5(1), 34-39.
- Srnicek, N. (2018). Capitalisme de plateforme. L'hégémonie de l'économie numérique. Lux.
- Stahl, G. (2005). Group cognition in computer-assisted collaborative learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(2), 79-90.
- Stark, D. (2009). The sense of dissonance: Accounts of worth in economic life. Princeton University Press.
- Stark, D., & Girard, M. (2009). Creative friction in a new-media start-up. *The sense of dissonance: Accounts of worth in economic life*, 80-104.
- Steele, C. M., Spencer, S. J., & Aronson, J. (2002). Contending with group image: The psychology of stereotype and social identity threat. In *Advances in experimental social psychology* (Vol. 34, pp. 379-440). Academic Press.
- Steinfeld, C., DiMicco, J. M., Ellison, N. B., & Lampe, C. (2009, June). Bowling online: social networking and social capital within the organization. In *Proceedings of the fourth international conference on Communities and technologies* (pp. 245-254).
- Stewart B. (2013), Massiveness + openness = new literacies of participation? *Journal of Online Learning and Teaching*, 9 (2), 228–238. http://jolt.merlot.org/vol9no2/stewart_bonnie_0613.htm
- Stewart, J., Gapenne, O., & Di Paolo, E. A. (Eds.). (2010). *Enaction: Toward a new paradigm for cognitive science*. MIT press.
- Stoffregen, T. A. (2003). Affordances as properties of the animal-environment system. *Ecological psychology*, 15(2), 115-134.
- Stout, D., Passingham, R., Frith, C., Apel, J., & Chaminade, T. (2011). Technology, expertise and social cognition in human evolution. *European journal of neuroscience*, 33(7), 1328-1338.
- Suchman, L. (1995). Making work visible. *Communications of the ACM*, 38(9), 56-64.
- Suchman, L. (2002). Located accountabilities in technology production. *Scandinavian journal of information systems*, 14(2), 7.
- Suchman, L. A. (1987). *Plans and situated actions: The problem of human-machine communication*. Cambridge University Press.
- Suchman, L., Blomberg, J., Orr, J. E., & Trigg, R. (2017). Reconstructing technologies as social

practice. In *The Anthropology of Organisations* (pp. 431-447). Routledge.

Sunstein, C. R. (2017). *#Republic: divided democracy in the age of social media*. Princeton University Press

Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational psychology review*, 22, 123-138. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5>

Sweller, J. (2023). The development of cognitive load theory: Replication crises and incorporation of other theories can lead to theory expansion. *Educational Psychology Review*, 35(4), 95.

Tannen, D. (1993). *Framing in discourse*. Oxford University Press

Tardif, J. (2006). *L'évaluation des compétences. Documenter le parcours de développement*. Chenelière Education.

Taylor, J. A. (1956). Drive theory and manifest anxiety. *Psychological Bulletin*, 53(4), 303.

Taylor, S. E., & Crocker, J. (1981). Schematic Bases of Social Information Processing." I Higgins, Herman och Mark P. Zanna (red). *Social Cognition: The Ontario Symposium*, 1.

Theory and Human-Computer Interaction. MIT Press.

Theureau, J. (1999). Cours des UV SC 23 (Théories et méthodes d'analyse de l'action & ingénierie) et SH 12 (Anthropologie cognitive & ingénierie). *UTC/SHT, Compiègne (346 p.)(nouvelle édition remaniée)*.

Theureau, J. (2019). *Le cours d'action: économie & activités; suivi de [Le cours d'action]: note sur l'éthique*. Octarès éditions.

Theureau, J. (2020). Cognition distribuée et Cours d'action. *Activités*, 17(17-2).

Thompson, B. (2007). Effect sizes, confidence intervals, and confidence intervals for effect sizes. *Psychology in the Schools*, 44(5), 423-432.

Thompson, E., & Stapleton, M. (2009). Making sense of sense-making: Reflections on enactive and extended mind theories. *Topoi*, 28, 23-30.

Thompson, E., & Varela, F. J. (2001). Radical embodiment: neural dynamics and consciousness. *Trends in cognitive sciences*, 5(10), 418-425.

Thornhill, J. T. (2022). The Conatus Doctrine: A Rational Interpretation of Innate Intelligence. *Journal of Chiropractic Humanities*, 29, 25-36.

- Tinajero, C., Martínez-López, Z., Rodríguez, M., Guisande, M., & Páramo, M. (2015). Gender and socioeconomic status differences in university students' perception of social support. *European Journal of Psychology of Education, 30*(2), 227-244.
- Tomasello, M. (2001). *The cultural origins of human cognition*. Harvard University Press.
- Tomasello, M., & Bonin, Y. (2022). *Aux origines de la cognition humaine*. La Découverte.
- Tricot, A., & Sweller, J. (2016). La cécité aux connaissances spécifiques. *Éducation et didactique, 1*, 9-26. <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.2428>
- Trom, D. (2003). Situationnisme et historicité de l'action. Une approche par induction triangulaire. in *Historicités de l'action publique*, PUF.
- Tsai, C. Y. (2019). Improving students' understanding of basic programming concepts through visual programming language: The role of self-efficacy. *Computers in Human Behavior, 95*, 224-232.
- Tschofen, C., & Mackness, J. (2012). Connectivism and dimensions of individual experience. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning, 13*(1), 124-143. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v13i1.1143>
- Turvey, M. T., Shaw, R. E., Reed, E. S., & Mace, W. M. (1981). Ecological laws of perceiving and acting: In reply to Fodor and Pylyshyn (1981). *Cognition, 9*(3), 237-304.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases: Biases in judgments reveal some heuristics of thinking under uncertainty. *science, 185*(4157), 1124-1131.
- Tversky, B., Morrison, J. B., & Betrancourt, M. (2002). Animation: can it facilitate?. *International journal of human-computer studies, 57*(4), 247-262.
- Ucan, S., & Webb, M. (2015). Social regulation of learning during collaborative inquiry learning in science: How does it emerge and what are its functions?. *International Journal of Science Education, 37*(15), 2503-2532.
- UNESCO (2011). *TIC UNESCO : Un référentiel des compétences pour les enseignants*. <http://www.unesco.org/new/fr/unesco/themes/icts/teacher-education/unesco-ictcompetencyframework-for-teachers>
- Valcke, M. (2002). Cognitive load: updating the theory? *Learning and Instruction, 12*(1), 147-154.

- Van de Cruys, S., Friston, K. J., & Clark, A. (2020). Controlled optimism: Reply to Sun and Firestone on the dark room problem. *Trends in Cognitive Sciences*, 24(9), 680-681.
- van den Herik, J. C., & Rietveld, E. (2021). Reflective situated normativity. *Philosophical Studies*, 178(10), 3371-3389.
- Van Deursen, A. J., & Helsper, E. J. (2015). The third-level digital divide: Who benefits most from being online?. In *Communication and information technologies annual* (pp. 29-52). Emerald Group Publishing Limited.
- Van Deursen, A. J., & Van Dijk, J. A. (2014). The digital divide shifts to differences in usage. *New media & society*, 16(3), 507-526.
- Vandaele, S. (2007). Quelques repères épistémologiques pour une approche cognitive de la traduction. Application à la traduction spécialisée en biomédecine. *Meta*, 52(1), 129-145.
- Vannoy, S. A., & Palvia, P. (2010). The social influence model of technology adoption. *Communications of the ACM*, 53(6), 149-153.
- Varela, F. G., Maturana, H. R., & Uribe, R. (1991). Autopoiesis: The organization of living systems, its characterization and a model. In *Facets of systems science* (pp. 559-569). Springer, Boston, MA.
- Varela, F. J. (1989). Reflections on the circulation of concepts between a biology of cognition and systemic family therapy. *Family Process*, 28(1), 15-24. <https://doi.org/10.1111/j.1545-5300.1989.00015.x>
- Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. MIT Press.
- Vavrus, M. (2008). Culturally responsive teaching. *21st century education: A reference handbook*, 2, 49-57.
- Vayre, É., Croity-Belz, S., & Dupuy, R. (2009). Usages d'Internet chez les étudiants à l'université: effets des dispositifs de formation en ligne et rôle du soutien social. *L'orientation scolaire et professionnelle*, (38/2), 231-257.
- Veissière, S. P., Constant, A., Ramstead, M. J., Friston, K. J., & Kirmayer, L. J. (2020). Thinking through other minds: A variational approach to cognition and culture. *Behavioral and brain sciences*, 43, e90.
- Vera, A. H., & Simon, H. A. (1993). Situated action: A symbolic interpretation. *Cognitive*

science, 17(1), 7-48.

Vergnaud, G. (1991). Langage et pensée dans l'apprentissage des mathématiques. *Revue française de pédagogie*, 79-86.

Vermersch, P. (2006). *L'entretien d'explicitation*. ESF.

Versace, R., Brouillet, D., & Vallet, G. (2018). *Cognition incarnée: Une cognition située et projetée*. Mardaga.

Versace, R., Labeye, E., Badard, G., & Rose, M. (2009). The contents of long-term memory and the emergence of knowledge. *European journal of cognitive psychology*, 21(4), 522-560.

Vial, S. (2013). *L'Être et l'écran. Comment le numérique change la perception*. Puf.

Victoroff, K. Z., & Hogan, S. (2006). Students' perceptions of effective learning experiences in dental school: a qualitative study using a critical incident technique. *Journal of Dental Education*, 70(2), 124-132.

Villemonteix, F., & Béziat, J. (2013). Le TNI à l'école primaire: entre contraintes et engagement. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 20(1), 327-350.

Voirol, O. (2022). La théorie de la résonance et la communication sociale. *Réseaux*, (5), 9-44.

Von Helmholtz, H. (2013). *Treatise on physiological optics* (Vol. 3). Courier Corporation.

Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society*. Harvard University Press.

Waddington, C. H. (1957/2014). *The strategy of the genes*. Routledge.

Wakefield, E. M., James, T. W., & James, K. H. (2013). Neural correlates of gesture processing across human development. *Cognitive Neuropsychology*, 30(2), 58-76.

Waldbillig, H (2020). *Le bien-être en télétravail à l'aide du support organisationnel*. Thèse de doctorat. Louvain School of Management, Université catholique de Louvain.

Walkington, C., Chelule, G., Woods, D., & Nathan, M. J. (2019). Collaborative gesture as a case of extended mathematical cognition. *The Journal of Mathematical Behavior*, 55, 100683. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2018.12.002>

Weber, A., & Varela, F. J. (2002). Life after Kant: Natural purposes and the autopoietic foundations of biological individuality. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 1, 97 – 125.

Weber, M. (1921/2003). *Économie et société*. Pocket

- Wegner, D. M. (1987). Transactive memory: A contemporary analysis of the group mind. In *Theories of group behavior* (pp. 185-208). New York, NY: Springer New York.
- Wegner, D. M. (1987). Transactive memory: A contemporary analysis of the group mind. In *Theories of group behavior* (pp. 185-208). Springer New York.
- Wells, A. J. (2002). Gibson's affordances and Turing's theory of computation. *Ecological psychology, 14*(3), 140-180.
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge University Press.
- Wexler, M., Kosslyn, S. M., & Berthoz, A. (1998). Motor processes in mental rotation. *Cognition, 68*(1), 77-94.
- White, K. R. (1982). The relation between socioeconomic status and academic achievement. *Psychological bulletin, 91*(3), 461.
- Winkin, Y. (2001). *Anthropologie de la communication. De la théorie au terrain*. Éditions du Seuil.
- Wittgenstein, L. (1953). *Philosophische untersuchungen*. Londres: Kegan Paul.
- Witrock, M. C. (1992). Generative learning processes of the brain. *Educational psychologist, 27*(4), 531-541.
- Woodley, X., Hernandez, C., Parra, J., & Negash, B. (2017). Celebrating difference: Best practices in culturally responsive teaching online. *TechTrends, 61*, 470-478.
- Woolley, A. W., Chabris, C. F., Pentland, A., Hashmi, N., & Malone, T. W. (2010). Evidence for a collective intelligence factor in the performance of human groups. *science, 330*(6004), 686-688.
- Young, J. Q., Irby, D. M., Barilla-LaBarca, M. L., Ten Cate, O., & O'Sullivan, P. S. (2016). Measuring cognitive load: mixed results from a handover simulation for medical students. *Perspectives on medical education, 5*, 24-32. <https://doi.org/10.1007/s40037-015-0240-6>
- Zerubavel, E. (1997). *Social mindscapes: An invitation to cognitive sociology*. Harvard University Press.
- Zerubavel, E., & Smith, E. R. (2010). Transcending cognitive individualism. *Social Psychology Quarterly, 73*(4), 321-325.
- Zhang, J. (1997). The nature of external representations in problem solving. *Cognitive science,*

21(2), 179-217.

Zhengkao, C, Alcorn, B., Christensen, G., Eriksson, N., Koller, D., & Emanuel, E. (2015, September 22). Who's Benefiting from MOOCs, and Why. *Harvard Business Review*.
<https://hbr.org/2015/09/whos-benefiting-from-moocs-and-why>

Index des auteurs

- Albero, 12, 33, 178, 229
Bandura, 90, 150, 231
Bateson, 45, 105, 231
Boltanski, 7, 10, 11, 16, 21, 67, 69, 111, 158, 232
Bourdieu, 13, 18, 19, 111, 154, 156, 232, 259, 260
Bove, 120, 124, 125, 138, 232
Bronfenbrenner, 51, 178, 179, 233
Bruineberg, 98, 161, 162, 233, 234
Bruner, 104, 105, 106, 107, 148, 154, 158, 169, 234
Carré, 89, 235
Chaker, 1, 2, 7, 9, 10, 13, 15, 19, 21, 23, 27, 29, 30, 31, 32, 34, 37, 39, 40, 42, 53, 55, 71, 81, 91, 143, 195, 209, 210, 214, 215, 217, 230, 235, 236, 249, 265, 268, 274
Chalmers, 11, 46, 57, 58, 127, 131, 169, 236, 238
Charlier, 1, 14, 68, 239
Chemero, 85, 97, 157, 237, 269
Clark, 46, 49, 51, 52, 57, 58, 63, 85, 86, 87, 96, 97, 137, 140, 162, 163, 215, 238, 238, 250, 278
Conein, 12, 140, 238
Csikszentmihalyi, 239
Damasio, 91, 118, 120, 122, 151, 239
D'Andrade, 54, 61, 65, 239, 240
Desmurget, 79, 208
Dewey, 86
Di Paolo, 118, 120, 121, 241
Dutriaux, 87, 108, 139, 242
Eglash, 212, 214, 242
Elias, 136, 155, 159, 179, 234
Engeström, 168, 243
Engle, 100, 101, 156, 243
environnement, 182
Friston, 75, 77, 95, 96, 97, 98, 99, 129, 130, 132, 138, 145, 147, 162, 171, 187, 245, 267, 269, 278
Gibson, 9, 46, 86, 109, 157, 246, 247
Goffman, 7, 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 106, 111, 134, 154, 164, 247, 253
Guérin, 177, 208, 248, 249
Habermas, 13, 69, 249
Hegarty, 41, 78, 197, 250
Heintz, 49, 53, 69, 70, 77
Hollan, 51, 52, 54, 60, 62, 63, 78, 84, 170, 251
Hutchins, 46, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 69, 70, 76, 78, 80, 82, 84, 87, 94, 101, 105, 106, 107, 108, 127, 136, 142, 152, 159, 169, 175, 176, 225, 252
Inzlicht, 205, 252
Ionta, 89, 91, 252, 253
Isohätälä, 217, 253
Jaillet, 21, 26, 32, 36, 84, 208, 232, 253
Jézégou, 34, 253
Kalyuga, 76, 79, 161, 197, 254
Kirschner, 72, 215, 255, 256
Kirsh, 54, 57, 60, 62, 63, 70, 77, 78, 84, 170, 256
Kiverstein, 84, 98, 234, 256
Kizilcec, 24, 27, 30, 204, 205, 256
Lærke, 113, 114, 116, 120, 123, 124, 257
Lahire, 5, 110, 111, 135, 257
Lakoff, 47, 258
Latour, 5, 60, 258
Lave, 50, 51, 65, 68, 74, 81, 99, 101, 164, 169, 259
Lemieux, 156, 259
Lindblom, 49, 68, 86, 208
Luisi, 87, 119, 121, 261
Marquet, 168, 178, 236, 262
Maturana, 8, 49, 119, 210, 262, 278
Mayer, 197, 262, 263
Mead, 100, 263
Merleau-Ponty, 103, 140, 263
Oudet, 15, 265
Paas, 71, 72, 73, 77, 79, 88, 197, 235, 237, 254, 255, 265, 268
Paolucci, 48, 80, 245, 266
Pastré, 6, 16, 95, 266
Peirce, 266
Pezzulo, 68, 70, 92, 97, 108, 147, 171, 248, 258, 266, 267
Pharo, 5, 52, 161, 180, 228, 267
Piaget, 47, 89, 109, 267
Quéré, 102
Quéré, 72, 74, 99, 100
Quéré, 135
Quéré, 269
Rabardel, 6, 8, 201, 231, 269

Ramstead, 98, 99, 138, 153, 171, 269
Reich, 23, 24, 25, 67, 68, 204, 208, 209,
256, 272
Renkl, 18, 41, 71, 79, 197, 254, 265
Resnick, 69, 270
Rietveld, 37, 83, 140, 161, 162, 171, 233,
234, 270
Sen, 18, 19, 274
Siemens, 21, 67, 168
Simonian, 9, 32, 110, 177, 208, 248, 274
Spinoza, 112, 114, 115, 116, 117, 119, 120,
121, 122, 124, 125, 136, 138, 234, 239,
257, 263, 272, 275
Stoffregen, 110, 276
Sweller, 71, 72, 73, 130, 150, 161, 215, 225,
237, 256, 265, 276, 277
Theureau, 50, 142, 151, 277
Tomasello, 5, 141, 228, 250, 277
Tricot, 71, 72, 73, 231
Trom, 11, 136, 137, 179, 277
Turvey, 157, 278
Varela, 48, 49, 63, 81, 87, 90, 118, 120, 129,
142, 151, 210, 262, 278, 279, 280
Vermersch, 279
Versace, 47, 81, 85, 86, 87, 108, 119, 137,
139, 279
Vygotsky, 66, 90, 94, 164, 168, 201, 280
Wenger, 65, 68, 81, 164, 169, 259, 280

Table des illustrations

<i>Figure 1. Usage des TIC, reconnaissance et capital social, tiré de Chaker (2020).</i>	19
<i>Figure 2. Quatre types de motifs journaliers réguliers sur quatre éditions successives du MOOC GdP (tiré de Bachelet et Chaker, 2017).</i>	22
<i>Figure 3. Densités longitudinales de connexions : l'effet 9:00 PM, réguliers sur quatre éditions successives du MOOC GdP (tiré de Bachelet et Chaker, 2017).</i>	22
<i>Figure 4. Le flow médie entre les intentions sociales et le taux d'abandon (dropout rate), tiré de Chaker, Bouchet et Bachelet (2022).</i>	31
<i>Figure 5. Schéma causal hypothétique du scénario et matériel pédagogiques (disponibilités locales) aux interactions sociales (Chaker et Njingang, en révision).</i>	35
<i>Figure 6. Modélisation en équations structurelles du lien entre la configuration spatiale (ATC et ALC et les interactions sociales), tiré de Chaker et Njingang (2024).</i>	36
<i>Figure 7. Le capital social est modérateur du lien entre la corégulation de l'apprentissage et la réussite au MOOC GdP (Chaker et Impedovo, 2021).</i>	38
<i>Figure 8. Modélisation temporaire des différents niveaux de contextualisation et exemples de liens entre eux dans le contexte général de l'hybridation d'enseignements universitaires.</i>	42
<i>Figure 9. « Un moment de pratique humaine », tiré de Hutchins (1995, p. 372).</i>	83
<i>Figure 10. Schématisation des quatre types de processus cognitifs et perceptifs incarnés à partir de Wilson (2002). A : processus ascendant ; B : processus ascendant-descendant ; C : processus ascendant-descendant médié par l'état affectif ; D : processus ascendant/descendant congruent.</i>	88
<i>Figure 11. Ancrage, incarnation et situation : une cascade d'effets sur la cognition (tiré de Pezzulo et al., 2013, p. 4).</i>	92
<i>Figure 12. Extrait du « gribouillage » (scarabocchio) de Leonardo Da Vinci, servant d'études pour la Madonna con bambino e Giovanni (1778).</i>	94
<i>Figure 13. Modélisation des dynamiques en jeu comme corollaires de la cognition distribuée temporellement.</i>	161
<i>Figure 14. Le delta de congruence entre le référentiel interne et les disponibilités locales :</i>	

<i>une inférence (én)active et un apprentissage situé « pour-l'action », participant du développement des sujets.</i>	<i>174</i>
<i>Figure 15. Formalisation de la Méthode Hiérarchique Distribuée : le delta de congruence au sein du « carré des référentiels » pour analyser l'action des sujets en situation d'apprentissage.</i>	<i>184</i>
<i>Figure 16. Prototype actuel du projet inCarne : visualisation de mouvements humains, explorables en 3D et en temps arrêté afin de faciliter l'observation.</i>	<i>194</i>
<i>Figure 17. Le projet inCarne analysé via la MHD (UX : expérience utilisateur, OCG : activité oculographique).</i>	<i>195</i>
<i>Figure 18. Le projet MODELI+ analysé via la MHD (SEP : sentiment d'efficacité personnelle, UX : expérience utilisateur, AED : activité électrodermale, OCG : activité oculographique).</i>	<i>198</i>
<i>Figure 19. Laboratoire de chimie en VR du projet RENFORCE (ANR-22-CE31-0023).</i>	<i>200</i>
<i>Figure 20. Projet RENFORCE analysé via la MHD (AED : activité électrodermale, OCG : activité oculographique).</i>	<i>200</i>
<i>Figure 21. Programme éducatif du projet européen EduBioCity : des actions scolaires et familiales.</i>	<i>202</i>
<i>Figure 22. Le projet EduBioCity analysé via la MHD (CO : Composants Opérationnels, ODD : Objectifs de Développement Durable des Nations-Unies, Δ_C : delta de congruence)</i>	<i>203</i>
<i>Figure 23. L'intervention pédagogique sur les valeurs congruentes avec la situation pédagogique (value-relevance intervention) ont contribué à neutraliser les effets potentiels d'une menace identitaire, et ainsi bénéficié la réussite. Tiré de Kizilcec et al. (2020).</i>	<i>206</i>
<i>Figure 24. La MHD appliquée au programme de recherches sur l'apprentissage avec les MOOC (SEP : sentiment d'efficacité personnelle).</i>	<i>207</i>
<i>Figure 25. Extrait d'un scénario pédagogique construit collectivement par le groupe des enseignants PREP (ici niveau CE1 avec le robot Dash©).</i>	<i>210</i>
<i>Figure 26. La MHD appliquée au programme de recherche PREP2.</i>	<i>215</i>
<i>Figure 27. Le programme de recherche sur la collaboration à distance et emotion regulation readiness analysé via la MHD (LMS : Learning Management System).</i>	<i>217</i>
<i>Figure 28. Le programme de recherche FIDELIS analysé via la MHD.</i>	<i>220</i>