

Raisons éducatives

n° 25 – octobre 2021

Cognition pour l'éducation : un pont tout près ?

*Emmanuel Sander, Gaëlle Molinari,
Édouard Gentaz (Éds.)*

Raisons éducatives – volume 25

ISBN 978-2-940655-01-4 (Imprimé)

ISSN 1375-4459 (Imprimé)

ISSN 2673-8953 (En ligne)

Raisons éducatives est une revue scientifique francophone publiée par la Section des sciences de l'éducation de l'Université de Genève. Les thématiques abordées par la revue privilégient les questions vives des théorisations éducatives, en développant une approche restituant la diversité disciplinaire des sciences de l'éducation.

La revue est disponible en accès ouvert.

<https://www.unige.ch/fapse/publications-ssed>

<https://www.cairn.info/revue-raisons-educatives.htm>

À partir du présent numéro, la revue applique les rectifications de l'orthographe recommandées par le Conseil supérieur de la langue française.

Contact

raisons-educatives@unige.ch

Raisons éducatives

Section des sciences de l'éducation

Université de Genève

CH-1211 Genève 4

SOMMAIRE

Sciences cognitives et éducation :
des convergences possibles, nécessaires ? 5
Emmanuel Sander, Gaëlle Molinari, Édouard Gentaz

Premier axe : Épistémologies et méthodologies

Les inégalités sociales d'apprentissage : perspectives interdisciplinaires
de recherche entre sociologie de l'éducation et sciences cognitives 19
Stanislas Morel

Regards croisés des approches cognitives et socioculturelles sur
l'apprentissage collaboratif : quelles contributions 41
dans le domaine de l'éducation ?
Gaëlle Molinari, Nathalie Muller Mirza, Valérie Tartas

Appréhender les transformations de l'activité versus de la
cognition des enseignant-es : approches (in)compatibles ? 65
Katarina Gvozdic, Valérie Lussi Borer

Liens entre éducation et cognition en fonction de l'évolution des concepts
de recherche selon deux bases de données : Web of Science (WOS) et
Didactique et acquisition du français (DAF) 91
Liliane Sprenger-Charolles

Du cerveau à la classe, un pont toujours aussi loin ? 119
Emmanuel Sander

Axe 2 : Relations recherche-terrain, laboratoire-classe, sciences interventionnelles

Articuler connaissances en psychologie cognitive
et ingénierie pédagogique 141
André Tricot

Des sciences interventionnelles ancrées sur des alliances entre
recherche et terrain ? Le cas des ingénieries coopératives 163
Gérard Sensevy

Quelles relations entre le laboratoire et la salle de classe ?
L'exemple de l'apprentissage du nombre chez les jeunes enfants 195
Fanny Gimbert, Karine Mazens

Concevoir des outils pédagogiques pour et avec les enseignant-e-s
et les évaluer expérimentalement 215
*Catherine Martinet, Anne-Françoise de Chambrier,
Rachel Sermier Dessemontet*

Axe 3 : Collaborations effectives ou en émergence

Comment la didactique des mathématiques peut-elle informer
l'étude de la cognition numérique ? L'exemple d'une étude
collaborative autour de la pédagogie Montessori à l'école maternelle 237
*Marie-Line Gardes, Marie-Caroline Croset,
Philippine Courtier, Jérôme Prado*

Pourquoi et comment soutenir le développement des
compétences émotionnelles chez les élèves âgés de 4 à 7 ans
et chez leur enseignant.e ? Apports des sciences cognitives 261
Sylvie Richard, Philippe Gay, Édouard Gentaz

Cognition, métacognition, éducation :
l'approche intégrative de l'Atelier d'Apprentissage 289
Christine Hessels-Schlatter, Marco G.P. Hessels, Sophie Brandon

Sciences cognitives et éducation : des convergences possibles, nécessaires ?

Emmanuel Sander, Gaëlle Molinari, Édouard Gentaz

Université de Genève

John Bruer a signé en novembre 1997 dans *Educational Researcher* l'article « Education and the brain : A bridge too far », en référence au film éponyme de Richard Attenborough relatant une opération alliée manquée de la Deuxième Guerre mondiale. Dans cet article séminal, Bruer défend l'idée d'un fossé trop élevé pour pouvoir être comblé pour que les travaux en neurosciences puissent contribuer directement aux questions d'éducation. Toutefois, l'étude de la cognition¹ ne se résume pas à celle du cerveau (Andler, Collins, & Tallon-Baudrix, 2018 ; Sander, Gros, Gvozdic & Scheibling-Sève, 2018, 2021) et la question est soulevée des manières possibles de lier les connaissances sur les processus de pensée avec l'éducation. En outre, depuis 1997, de l'eau a coulé sous les ponts.

Les sciences cognitives, dites aussi sciences de la cognition, affirment régulièrement des prétentions sur les questions d'éducation et donc leur légitimité dans ce champ et, d'une certaine manière, leur place au sein des sciences de l'éducation. Leur but est de tenter de décrire et de comprendre les processus cognitifs et/ou affectifs – des élèves et/ou des enseignant-es – en jeu au cours des nombreuses activités mises en œuvre dans les situations d'enseignement-apprentissage (Dessus & Gentaz, 2006 ; Gentaz & Dessus, 2004). De par leur nature multi- et interdisciplinaire (psychologie, philosophie, linguistique, anthropologie, informatique et neurosciences ; Gardner, 1993), les sciences cognitives situent leurs analyses à différents niveaux de granularité.

1. L'étude de la nature, de la structure et de la formation de connaissances s'y trouve au premier plan en accord avec l'étymologie du terme *cognitif*, dérivé du latin *cognitivus*, « qui concerne la connaissance ».

Les sciences cognitives vont naître et se développer à partir des années 1950, concurrentement en trois lieux. Aux États-Unis, au Massachusetts Institute of Technology (MIT) où est organisé, en 1956, le célèbre *Symposium on Information Theory* (symposium sur la théorie de l'information). À l'Université Harvard, avec la création par Jérôme Bruner et George Miller du Centre d'études cognitives. Et enfin, en Europe, à l'Université de Genève, avec la création par Jean Piaget en 1955 du Centre international d'épistémologie génétique. En France, cette discipline est reconnue tardivement sur le plan institutionnel (Andler, 1992 ; Vergnaud, 1992). C'est seulement en 2003 que le Ministère français de la recherche a lancé le programme de recherche « École et sciences cognitives » (Kail & Fayol, 2003). Toutefois, la psychologie expérimentale s'est depuis longtemps intéressée à l'éducation avec, par exemple, les travaux pionniers de Binet et Simon (1905) sur les tests d'intelligence, ou ceux de Piaget (1969) sur le développement intellectuel et ses conséquences pédagogiques.

Les sciences de l'éducation d'une part et de la cognition d'autre part ont donc en commun leur relative jeunesse sur le plan institutionnel par rapport aux autres disciplines plus traditionnelles. Elles ont aussi en commun la diversité des disciplines contributives sur lesquelles elles se sont construites, qui peut encore les faire percevoir en partie comme des constellations. Cette diversité se marque notamment sur le plan langagier par leur désignation au pluriel : il ne s'agit ni de « la science de l'éducation » ni de « la science de la cognition ». Parmi ces disciplines contributives, la présence de la psychologie, de la philosophie et de la linguistique est notable en sciences de l'éducation comme en sciences de la cognition. Elles se caractérisent l'une et l'autre par les diversités méthodologiques et épistémologiques en leur sein, qui les conduisent à se définir plus par leur objet – celui, à l'ancrage social intrinsèque de l'éducation pour les premières, et celui fondamental de la cognition pour les secondes – que par leurs méthodes ou leurs épistémologies. Toutefois les parallélismes entre ces disciplines sont-ils suffisants pour justifier de revendiquer des communautés d'intérêts, voire des intérêts à former des communautés ? À moins que nous soyons plutôt face à d'inconciliables « sœur ennemies » qui, par leur ancrage fondamental d'un côté et social de l'autre, ne peuvent que se rejeter l'une l'autre. Même si Horvath et Donoghue (2016) statuent au moins pour le cas particulier des neurosciences sur des « incompatibilités tant pratiques que philosophiques », la potentialité de l'interrelation reste une question ouverte, par exemple par le biais de disciplines qualifiées de médiantes par les chercheurs/euses qui se sont penchées sur ces questions – telles que la psychologie cognitive pour Bruer (1997) ou la psychologie de l'éducation pour Mayer (2017) –, chacune « alimentant » la suivante en connaissances.

L'objectif de ce 25^e numéro de Raisons éducatives est de réinterroger les rapports entre les sciences cognitives et les sciences de l'éducation à un moment de leur histoire où les unes et les autres ont atteint un

certain degré de maturité. Les possibilités de cette interrelation suscitent de manière récurrente de vifs débats entre les chercheurs/euses eux/elles-mêmes issues des différentes disciplines et entre les chercheurs/euses et les praticien-nes, sans compter la dimension sociopolitique de ces controverses qui les amène parfois sur la scène médiatique. Le débat s'est aussi accompagné de questionnements autour des (im)possibilités de transpositions entre le laboratoire – cadre principal, tout du moins jusqu'à présent, des recherches en sciences cognitives –, et la classe – cadre privilégié et revendiqué des recherches qui, en sciences de l'éducation, se situent dans le champ scolaire (Gentaz, 2018 ; Sander, Gros, Gvozdic, & Scheibling-Sève, 2021). Mais certain-es pourraient aussi soutenir que chacune de ces sciences élabore ses propres objets et qu'il s'agit de les confronter plutôt que de les faire passer d'un lieu à l'autre. Existerait-il ainsi un réductionnisme inéluctable, aux conséquences insurpassables, pour les approches expérimentales dont se prévalent les sciences cognitives ? À l'inverse les sciences de l'éducation, tout à leur ancrage social, se priveraient-elles de cadres et de méthodes permettant d'avérer plus solidement certaines de leurs affirmations ?

Parmi les principales questions abordées dans ce numéro se situent celles des ancrages méthodologiques et épistémologiques, de leurs compatibilités et de leurs complémentarités. En particulier, dans quelle mesure une discipline peut-elle construire / raisonner sur la construction / le raisonnement de l'autre ? Sont-elles capables de confronter leurs points de vue et coconstruire des connaissances nouvelles ? Un autre objectif est de documenter le degré de (mé)connaissances réciproques de ces sciences et les répercussions de ces (mé)connaissances sur les possibilités d'interdisciplinarité. Il s'agit également d'interroger les conditions pour que les sciences de la cognition et les sciences de l'éducation puissent travailler de concert à la réalisation d'objectifs communs, ce qui sous-entend la capacité d'identifier et de définir des objectifs communs et d'interagir de façon coordonnée et synchrone pour atteindre ces objectifs. C'est aussi l'opportunité d'aborder la question des conditions de transformations conjointes des objets disciplinaires dans le cadre de collaborations et de la manière dont les connaissances coconstruites sont susceptibles d'être réintégrées au sein de chaque discipline, celle des liens entre le laboratoire et la classe et entre la théorie et la pratique, ce qui inclut la question des relations entre démarche d'intervention et approche prescriptive.

Précisons qu'il nous a paru essentiel que la coordination même de ce numéro représente une multiplicité d'ancrages. Il nous a semblé en effet particulièrement opportun pour un tel sujet que, outre les sciences de l'éducation qui « portent » la publication de Raisons éducatives, la psychologie cognitive, qui fait également sienne les questions évoquées dans les lignes qui précèdent, soit représentée. Enfin, un ancrage sur les technologies éducatives a semblé avoir aussi d'excellentes raisons d'être présent, comme cadre ouvert de convergences d'approches ancrées dans des diversités méthodo-

logiques et épistémologiques, ainsi que comme cadre propice, à travers la question des technologies numériques pour l'éducation, de leur conception, de leurs usages et de leurs effets sur l'enseignement et l'apprentissage, à contribuer à la réflexion sur les questions de possibilité d'interdisciplinarité féconde et d'articulations théorie-pratique.

Trois axes structurent l'organisation de ce numéro.

Le premier d'entre eux est orienté sur les épistémologies, les méthodologies et leurs possibles complémentarités ou incompatibilités. Ce premier axe regroupe cinq contributions qui documentent chacune à leur manière la question des conditions de synergies interdisciplinaires ou, à l'inverse, les raisons potentielles de dialogues empêchés et les conditions de coconstruction.

Stanislas Morel réinterroge la possibilité d'une interdisciplinarité entre les sciences cognitives et la sociologie de l'éducation. Il défend l'idée que les critiques négatives que chacune de ces deux disciplines a pu adresser à l'autre sont dépassées. Pour cela, il s'appuie sur des recherches récentes en sciences cognitives dans le domaine des habiletés d'apprentissage, recherches souvent menées en milieu naturel et qui tentent, après les avoir longtemps considérées comme des variables de contrôle, de faire de certaines variables socioéconomiques des variables explicatives qui doivent être étudiées pour mieux comprendre le développement des habiletés cognitives, les médiations *via* lesquelles elles agissent sur le cognitif et leur articulation avec d'autres variables biologiques ou psychologiques. Stanislas Morel prend ainsi appui sur ces travaux pour analyser les possibilités d'une nouvelle interdisciplinarité avec la sociologie de l'éducation.

Gaëlle Molinari, Nathalie Muller Mirza et Valérie Tartas examinent les recherches sur l'apprentissage collaboratif au travers de deux approches épistémologiquement distinctes, l'approche cognitive et l'approche socioculturelle. Les recherches qui s'inscrivent dans la première considèrent généralement l'apprentissage comme un processus individuel d'acquisition de connaissances, et la collaboration comme un moyen pour le favoriser. Dans ces recherches, la méthode expérimentale est utilisée pour rendre compte de l'effet de différentes conditions de collaboration sur le gain d'apprentissage individuel. Selon l'approche socioculturelle, la connaissance est définie comme un processus interactif émergeant d'un système d'activité collective, tout à la fois médié par des artéfacts et culturellement organisé. L'unité d'analyse est le système lui-même, appréhendé par des méthodes multiples, le plus souvent compréhensives, visant à rendre compte des dynamiques interactionnelles en contexte. Après un aperçu des fondements épistémologiques de ces deux approches, les autrices les sollicitent tour à tour pour répondre à trois questions qui animent aujourd'hui le domaine de l'apprentissage collaboratif : celle des interactions et des dialogues, celle des technologies numériques, et celle de la dimension affective et du rôle

des émotions. La dernière partie de l'article indique les perspectives que les approches cognitives et socioculturelles peuvent ouvrir de manière complémentaire dans le domaine de l'éducation.

Katarina Gvozdic et Valérie Lussi Borer proposent d'interroger la pertinence de croiser deux entrées, une entrée « activité » qui appréhende l'activité des enseignant-es dans des dispositifs de formation et de développement professionnel s'appuyant sur des enquêtes collaboratives soutenues par la vidéo, et une entrée « cognition » qui étudie les conceptions des enseignant-es sur les processus d'enseignement et d'apprentissage par le biais de l'expérimentation et de questionnaires. La première partie de l'article décrit les questions de recherche, le cadre théorique et la méthode rattachés à chacune de ces deux entrées, puis le texte interroge l'(in)compatibilité de leurs questions et méthodologies respectives ainsi que la congruence de leurs présupposés théoriques. La seconde partie de l'article porte sur les données recueillies et sur la façon dont ces dernières sont traitées et analysées dans chaque entrée. Les autrices proposent de conclure sur des pistes de réflexion quant à la complémentarité des deux approches dans le but de contribuer à une meilleure compréhension de la manière dont les conceptions et/ou les pratiques des enseignant-es se transforment.

Liliane Sprenger-Charolles examine ensuite les divergences et convergences épistémologiques et méthodologiques entre les sciences de la cognition et celles de l'éducation en s'appuyant sur deux bases de données. L'une, élaborée dans les années 1980, est issue de la collaboration entre chercheurs/euses françaises, canadiennes, belges et suisses en sciences de l'éducation, et porte sur les recherches en didactique et acquisition du français (DAF). L'autre base est le Web of Sciences (WoS), qui recense les articles publiés dans des revues – pour l'essentiel internationales – à comité de lecture. Une comparaison est menée entre les typologies des recherches recensées dans ces deux bases de données, suivie d'une analyse de l'évolution depuis les années 1980. L'article porte ensuite une focale sur le domaine de l'apprentissage de la lecture, pour lequel les imbrications entre sciences cognitives et sciences de l'éducation sont très fortes. Ce fait, qui se manifeste par les rattachements institutionnels des chercheurs/euses travaillant dans ce domaine, s'explique par les multiples disciplines impliquées dans les études sur l'apprentissage de la lecture. À la suite d'une synthèse de l'état des recherches dans ce champ, sont discutés les freins quant aux liens avec la pratique.

Enfin, alors que les neurosciences affichent des prétentions affirmées sur les questions d'éducation, Emmanuel Sander réinterroge cette ambition vingt-cinq ans après l'article de Bruer (1997). Il aborde les questions d'ancrages méthodologiques et épistémologiques, de leurs compatibilités et de leurs complémentarités et des conditions de possibilités de fécondations mutuelles. Il souligne en particulier la question des mythes éducatifs,

prétendument appuyés sur des travaux de neurosciences mais consistant en fait en extrapolations et généralisations abusives dans lesquelles les propres auteurs/trices de ces contributions voient un dévoiement de leurs recherches. L'auteur interroge les voies possibles pour promouvoir une approche documentée des contributions des neurosciences pour l'éducation, mobilisable dans le cadre de la formation des enseignant-es et intégrable dans les pratiques enseignantes.

Le deuxième axe du numéro recentre le débat autour des questions de relations entre recherche et terrain et entre laboratoire et salle de classe, sur les possibilités de sciences interventionnelles ancrées dans des alliances entre recherche et terrain. Quatre contributions le composent, qui abordent des recherches se situant soit dans le champ des sciences de la cognition, soit dans celui des sciences de l'éducation, avec à chaque fois une ouverture vers l'autre versant, même si celle-ci ne s'est pas forcément encore traduite par l'interdisciplinarité.

La contribution d'André Tricot ouvre ce deuxième axe. Elle développe une réflexion sur le statut des connaissances scientifiques dans la conception de dispositifs pédagogiques, en s'appuyant sur le cas de l'articulation des connaissances en sciences cognitives et en ingénierie pédagogique. Plus précisément, son article prend appui sur la théorie de la charge cognitive pour contraster d'un côté un cadre qui produit des connaissances scientifiques tout en assumant un certain réductionnisme, d'un autre une ingénierie pédagogique qui élabore des méthodes de conception de situations d'enseignement en intégrant les connaissances issues de la recherche. L'auteur développe l'idée que l'activité de conception, tout en s'appuyant sur l'activité scientifique, n'en relève pas directement. Il distingue la scientificité d'une connaissance en ingénierie pédagogique, qui dépend des critères usuels de la discipline au sein de laquelle cette connaissance a été engendrée, de sa validité, qui réside dans sa capacité à aider les personnes à élaborer des solutions. Les hypothèses testées en ingénierie pédagogique peuvent ainsi relever d'une exigence de validité externe – de l'ordre de l'évaluation de l'efficacité – ou interne – de l'ordre de sa capacité à fonder théoriquement des hypothèses testées expérimentalement. André Tricot argumente que la théorie de la charge cognitive n'est pas directement une théorie de la cognition, mais qu'elle fait usage de concepts des sciences cognitives pour soutenir la conception de situations d'enseignement. Elle relève alors plutôt des sciences de l'ingénieur-e que des sciences fondamentales. L'amélioration de la validité externe constitue un enjeu majeur, qui n'est pas nécessairement du ressort des concepteurs/trices, et pourrait être dévolu à d'autres chercheurs/euses.

Gérard Sensevy s'appuie sur la notion d'ingénierie coopérative pour discuter des sciences interventionnelles et de leur possible ancrage dans des alliances entre recherche et terrain. La première partie de sa contribution se

centre sur l'ingénierie coopérative, conçue comme un dispositif réunissant professeur-es et chercheurs/euses pour concevoir et mettre en œuvre des séquences d'enseignement sur le terrain. Elle précise les filiations de ce type de dispositifs, entre *design-based research*, ingénieries didactiques et *action research*, et indique les principes majeurs qui les organisent. Les éléments abordés dans cette première partie sont concrétisés à travers l'exemple de l'ingénierie coopérative ACE (Arithmétique et Compréhension à l'École élémentaire) dans la deuxième partie de l'article. Gérard Sensevy montre en quoi de telles recherches peuvent être envisagées comme des sciences interventionnelles, à la fois comme fondamentales au sein des sciences de la culture, et comme des sciences de l'ingénieur-e. Il aborde également la question de la preuve et de son épistémologie, en exprimant la nécessité d'élaboration, en synergie avec les preuves statistiques classiques, de *preuves culturelles*, ces « évidences concrètes, qui constituent en particulier la substance et le moteur de l'activité d'un connaisseur pratique ».

Fanny Gimbert et Karine Mazens s'intéressent aux avancées des recherches récentes sur l'acquisition du nombre chez l'enfant conduites au sein de différentes disciplines (psychologie, neurosciences et sciences de l'éducation). Les autrices examinent en quoi lier les apports de ces différentes approches d'une part, et les transposer sur le terrain d'autre part, sont d'authentiques défis et suscitent d'importants débats. Leur contribution s'ouvre par une synthèse des apports de la psychologie du développement en cognition numérique et se prolonge par la présentation de recherches ayant pour objectif l'évaluation de l'efficacité de programmes d'intervention mettant en jeu des compétences mathématiques. Elle ouvre ensuite sur la présentation de plusieurs contributions récentes visant à renforcer le lien entre le laboratoire et la salle de classe concernant l'apprentissage des mathématiques.

Catherine Martinet, Anne-Françoise de Chambrier et Rachel Sermier Dessemontet montrent que si la recherche en sciences de l'éducation se doit de développer des outils, il est tout aussi crucial de veiller à ce que ces outils répondent de manière effective aux besoins des enseignant-es. Il est nécessaire qu'ils puissent s'inscrire dans leur réalité professionnelle et ne les éloignent pas de manière excessive de leurs pratiques professionnelles usuelles. Les autrices défendent l'idée qu'un travail conjoint entre enseignant-es et chercheurs/euses, se situant dans une perspective de conception continuée dans l'usage, est indispensable afin que les outils pédagogiques prennent en considération les contraintes inhérentes au terrain en plus de tenir compte des connaissances scientifiques les plus actuelles. Afin d'illustrer cette approche, les autrices présentent une étude sur l'enseignement de la lecture-décodage auprès d'élèves présentant une déficience intellectuelle, et une autre sur l'enseignement des premières compétences en mathématiques auprès d'élèves d'école enfantine.

Le dernier axe du numéro présente des cas de collaborations effectives ou en émergence, où des tenants d’approches centrées ou non centrées sur la cognition exposent les possibilités effectives de relations mutuelles, avec leurs bénéfiques et leurs écueils.

Marie-Line Gardes, Marie-Caroline Croset, Philippine Courtier et Jérôme Prado présentent une étude visant à analyser les effets de la pédagogie Montessori sur l’enseignement des mathématiques chez les jeunes élèves (3 à 6 ans) et dans quelle mesure cet enseignement peut affecter leurs apprentissages. Cette étude est le fruit de la collaboration entre chercheurs/euses en didactique des mathématiques, chercheurs/euses en sciences cognitives et enseignant-es d’une école maternelle publique française. Les auteurs/trices présentent les caractéristiques de cette expérimentation, ainsi que ses résultats, en soulignant la complémentarité entre les méthodes de recherche utilisées : analyses didactiques des organisations mathématiques et approche expérimentale en sciences cognitives.

Sylvie Richard, Philippe Gay et Édouard Gentaz examinent comment et pourquoi certaines compétences émotionnelles (par exemple, identifier, comprendre, utiliser et réguler les émotions) sont manifestement importantes pour le succès à l’école et permettent aux élèves de former des relations avec les autres. Les auteurs/trice examinent dans quelle mesure le développement de ces compétences émotionnelles est tout particulièrement essentiel chez les enfants qui débutent leur scolarité, et par conséquent dans quelle mesure les émotions influencent l’apprentissage. Les auteurs/trice proposent ensuite des stratégies pour intervenir en classe afin de soutenir le développement des compétences émotionnelles en décrivant non seulement les pratiques d’enseignement « indirectes » qui visent à le favoriser, mais aussi des pratiques directes à travers des conversations portant sur les émotions et les jeux de faire semblant.

L’objectif de l’article de Christine Hessels-Schlatter, Marco Hessels et Sophie Brandon est d’illustrer, à travers le cas d’un atelier d’apprentissage, la façon dont les connaissances en sciences cognitives peuvent nourrir les interventions éducatives auprès d’apprenant-es en difficulté. L’atelier en question est une consultation en éducation spéciale de la Faculté de psychologie et des sciences de l’éducation de l’Université de Genève, qui s’adresse aux personnes présentant des troubles neurodéveloppementaux ou des difficultés d’apprentissage sans troubles avérés. Son objectif est de stimuler, entraîner, ou rééduquer les processus de pensée et d’apprentissage (cognitifs, métacognitifs, motivationnels). Les auteur/trices défendent une approche globale et intégrative se situant

1. dans la stimulation et l’entraînement des processus cognitifs (mnésiques, attentionnels, exécutifs, logiques) et dans l’enseignement explicite de stratégies de soutien ou compensatoires et l’application de modes d’in-

- tervention spécifiques afin de minimiser l'impact des déficits en situation d'apprentissage ;
2. dans l'accent mis sur le transfert, lequel est systématiquement et explicitement entraîné, afin d'amener les apprenants à remobiliser les habiletés développées dans leur propre contexte de vie ;
 3. dans une perspective résolument métacognitive, tant dans ses objectifs que dans ses méthodes.

Les auteur/trices présentent les études qui soutiennent cette approche autant en situation clinique qu'en contexte de classe et plus particulièrement au travers d'études de cas sur l'apprentissage de la lecture auprès d'adultes présentant une déficience intellectuelle.

Deux questions se sont avérées particulièrement saillantes dans ce numéro. La première a trait à la possibilité même de l'interdisciplinarité. Cette problématique déjà aigüe tant au sein des sciences de la cognition qu'au sein des sciences de l'éducation prend encore un nouveau relief lorsqu'il s'agit cette fois de se placer sur le plan général des articulations cognition-éducation. La fécondité d'explorer les convergences et les divergences épistémologiques et méthodologiques avec l'enjeu d'en croiser les entrées fait consensus. En revanche, la question d'une authentique interdisciplinarité *versus* la complémentarité des perspectives de recherche – privilégiant à une vision intégrative pluridisciplinaire une approche peut-être moins ambitieuse théoriquement mais plus prudente et raisonnable et aux retombées plus immédiates et plus tangibles – reste ouverte. La deuxième préoccupation constante est celle des liens entre les travaux de recherche et les pratiques éducatives, qu'il s'agisse de transposer des apports multidisciplinaires sur le terrain, de collaborer entre chercheurs/euses et enseignant-es pour construire des outils pédagogiques adaptés aux pratiques enseignantes, de concevoir des interventions en classe sur la base de recherches empiriques, de prendre appui sur la complémentarité entre différentes méthodes de recherche pour rendre compte de l'effet d'une pédagogie. La démarche adoptée par les approches de type ingénierie peut être inspirante, que ce soit pour les relations vertueuses déjà existantes entre la psychologie de l'éducation et l'ingénierie pédagogique sur lesquelles elle s'appuie, ou pour l'intérêt qu'elle porte à la coopération entre chercheurs/euses et enseignant-es et à la synergie entre preuves culturelles et statistiques.

Que le niveau des compétences des enseignant-es participe pour beaucoup à la qualité du système scolaire paraît peu contestable. Que la formation des enseignant-es aux sciences de l'éducation comme aux sciences de la cognition puisse y contribuer l'est à peine moins. Si la contribution de la recherche vers le terrain semble la plus évidente, il paraît toutefois fécond de penser aussi la relation réciproque : du terrain vers la recherche. À une acculturation des praticien-nes pourrait en miroir répondre une acculturation des chercheurs/euses. Nous pensons en particulier aux possibilités d'un ancrage des sciences de la cognition plus orienté vers la pratique, ancrage

qui parfois fait encore largement défaut. Il semble que nous soyons dans une phase de l'avancée des disciplines où des collaborations peuvent être fructueuses à condition de surmonter des postures qui divisent, qu'elles relèvent de crédos épistémologiques ou méthodologiques en opposition, ou d'antagonismes entre recherche et terrain. Loin d'avoir d'une quelconque manière clôt le débat des interrelations des sciences de l'éducation et des sciences de la cognition, nous espérons que ce numéro contribuera à l'éclairer en ouvrant un certain nombre de questions à travailler : comment alimenter le dialogue entre sciences de l'éducation et sciences de la cognition ? Comment faire collaborer les chercheurs/euses et les praticien-nes ? Comment travailler de concert autour de la complémentarité des approches, des méthodes et des perspectives de recherche ? Comment identifier et documenter les liens entre des approches multidisciplinaires au service du terrain ? Comment transposer des apports multidisciplinaires en interventions éducatives et en outils pédagogiques adaptés aux pratiques enseignantes ?

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Andler, D. (Éd.) (1992). *Introduction aux sciences cognitives*. Paris : Gallimard.
- Andler, D., Collins, T., & Tallon-Baudrix, C. (2018). *La cognition : du neurone à la société*. Paris : Gallimard.
- Binet, A., & Simon, T. (1905). Méthodes nouvelles pour le diagnostic du niveau intellectuel des anormaux. *L'Année psychologique*, 11, 191-244.
- Bruer, J.T. (1997). Education and the brain : A bridge too far. *Educational Researcher*, 26(8), 4-16.
- Dessus, P., & Gentaz, É. (Éds.) (2006). *Apprentissages et enseignement : sciences cognitives et Education*. Paris : Dunod.
- Gardner, H. (1993). *Histoire de la révolution cognitive : la nouvelle science de l'esprit* (trad. par J.-L. Peytavin). Paris : Payot.
- Gentaz, É. (2018). Du labo à l'école : le délicat passage à l'échelle. *La Recherche*, 539, 42-46.
- Gentaz, É., & Dessus, P. (Éds.) (2004). *Comprendre les apprentissages : sciences cognitives et éducation*. Paris : Dunod.
- Horvath, J.C., & Donoghue, G.M. (2016). A bridge too far – revisited : Reframing Bruer's neuroeducation argument for modern science of learning practitioners. *Frontiers in Psychology*, 7(377). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00377>
- Kail, M., & Fayol, M. (Éds.) (2003). *École et sciences cognitives*. Paris : PUF.
- Mayer, R.E. (2017). How can brain research inform academic learning and instruction ? *Educational Psychology Review*, 29(4), 835-846. <https://doi.org/10.1007/s10648-016-9391-1>
- Piaget, J. (1969). *Psychologie et pédagogie*. Paris : Denoël.

- Sander, E., Gros, H., Gvozdic, K., & Scheibling-Sève, C. (2018). *Les neurosciences en éducation*. Paris : Retz.
- Sander, E., Gros, H., Gvozdic, K., & Scheibling-Sève, C. (2021). Psychologie et neurosciences : enjeux pour l'éducation. In M. Khamassi (Éd.), *Neurosciences cognitives de l'adulte* (pp. 233–253). Bruxelles : De Boeck.
- Vergnaud, G. (Éd.) (1992). *Les sciences cognitives en débat*. Paris : CNRS Éditions.

Notices biographiques

Professeur ordinaire à la Faculté de psychologie et de sciences de l'éducation de l'Université de Genève dans le domaine « Intervention en situation scolaire : apprentissage et développement », **Emmanuel Sander** y dirige le Laboratoire IDEA (Instruction, Développement, Éducation, Apprentissage). Ses recherches sont consacrées à l'analyse des représentations mentales et des processus interprétatifs dans le champ scolaire. Elles établissent les relations entre apprentissages scolaires et connaissances construites hors du cadre scolaire, dans l'objectif de montrer comment s'appuyer sur ces dernières pour faire évoluer les premières. Il a développé une théorie des mécanismes de construction des connaissances fondée sur l'analogie, processus transversal permettant d'appréhender la nouveauté.

COURRIEL : EMMANUEL.SANDER@UNIGE.CH

Gaëlle Molinari est professeure assistante au TECFA, l'unité de technologies de formation et d'apprentissage de la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation de l'Université de Genève. Ses travaux portent sur les dimensions cognitives et affectives de l'apprentissage soutenu par le numérique. Dans le domaine de l'apprentissage collaboratif médiatisé par ordinateur (Computer-Supported Collaborative Learning), ses recherches concernent la conception d'outils numériques pour favoriser la prise de conscience et la régulation des émotions au sein du groupe, et l'étude de l'effet de ces outils sur la qualité de la collaboration et l'apprentissage.

COURRIEL : GAELLE.MOLINARI@UNIGE.CH

Édouard Gentaz est professeur de psychologie du développement de l'adolescence à la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation de l'Université de Genève depuis 2012. Il y dirige le laboratoire du développement sensori-moteur, affectif et social (SMAS). Ses recherches portent sur la perception, les compétences des bébés, les apprentissages scolaires, les compétences émotionnelles et le développement psychologique des aveugles. Il est également directeur des Archives Jean Piaget et rédacteur en chef de la revue ANAE – Approche neuropsychologique des apprentissages. Enfin, il propose un cours gratuit et libre d'accès (MOOC) sur le développement psychologique de l'enfant.

COURRIEL : EDOUARD.GENTAZ@UNIGE.CH

Premier axe :
Épistémologies et méthodologies

Les inégalités sociales d'apprentissage : perspectives interdisciplinaires de recherche entre sociologie de l'éducation et sciences cognitives

Stanislas Morel

Université Sorbonne-Paris-Nord

RÉSUMÉ – Dans un contexte où la recherche sur les inégalités scolaires demeure marquée par un fort cloisonnement disciplinaire, l'article se fixe d'abord pour objectif de rappeler que la sociologie de l'éducation étudie de plus en plus la dimension cognitive des inégalités scolaires, tandis que les sciences cognitives portent, quant à elles, un intérêt croissant à la dimension « sociale » associée aux différences individuelles de développement cognitif et de réussite scolaire. Bien que les différences et les différends épistémologiques et méthodologiques entre sociologie et sciences cognitives n'aient pas disparu, l'évolution des deux approches permet cependant d'identifier certains points de convergence. Se proposant d'aller au-delà du simple constat de convergences entre les disciplines, l'article vise ensuite à favoriser le dialogue entre sociologie de l'éducation et sciences cognitives en précisant le plus concrètement possible, sur un mode programmatique, certaines perspectives de recherche interdisciplinaires pouvant donner lieu à des collaborations interdisciplinaires sur la question des inégalités scolaires.

MOTS CLÉS – sociologie, sciences cognitives, inégalités, éducation, interdisciplinarité

Du fait de l'augmentation rapide du nombre de publications scientifiques, les travaux issus de chaque discipline sont, quel que soit le domaine de recherche considéré, si nombreux et si variés sous l'angle de leurs méthodes et de leurs résultats, que les chercheurs tendent à concentrer leurs efforts de lecture

et de discussion sur les productions issues de leur propre discipline, qu'ils perçoivent, souvent à raison, comme déjà presque inassimilables. Ce cloisonnement disciplinaire est par ailleurs encouragé, en particulier en France, par une construction des disciplines académiques relativement rigide tendant à figer les frontières (Picard, 2014). Il en résulte que les chercheurs connaissent souvent très mal les travaux produits dans les autres disciplines, voire en ignorent tout simplement l'existence. Cette méconnaissance s'accompagne d'une représentation des autres disciplines marquée par l'altérité, selon laquelle les disciplines diffèrent entre elles par leurs objets, leur épistémologie, ou leur(s) méthodologie(s), etc.

Mais qu'en est-il lorsqu'on y regarde de plus près et qu'on examine ce qui différencie ou, à l'inverse, relie, d'un point de vue scientifique, c'est-à-dire en se basant sur un travail rigoureux de lecture de la littérature scientifique, les différentes approches disciplinaires d'un même objet ou les différentes réponses apportées à des questionnements très proches ? C'est à cette question que nous essayerons de répondre, partiellement au moins, en examinant le traitement de la question des inégalités sociales d'apprentissage par la sociologie et les sciences cognitives (psychologie cognitive, neurosciences).

Nous avons pris ici résolument le parti de mettre l'accent sur les possibles points de convergence entre sociologie et sciences cognitives. Nous n'ignorons pas pour autant les points de divergence, voire les oppositions radicales entre certains segments des deux approches. En outre, ces controverses portent, selon nous, sur des oppositions épistémologiques et méthodologiques – quand elles ne sont pas politiques – bien réelles, dont certaines sont difficiles, voire peut-être impossibles, à dépasser. Néanmoins, dans cet article, l'objectif n'est pas de contribuer à la création d'un monde scientifique irénique débarrassé des débats, parfois virulents, entre sciences sociales et humaines d'un côté, et sciences expérimentales de la nature humaine de l'autre. Il s'agit, plus modestement, d'identifier, dans un domaine de recherche particulier (les inégalités d'apprentissage), des points de convergence entre certains travaux en sociologie et en sciences cognitives ainsi que d'indiquer, le plus concrètement possible, les pistes de recherche ouvertes par ces rencontres ponctuelles.

Comme nous essayerons de le montrer dans une première partie, la sociologie de l'éducation et les sciences cognitives se sont sensiblement rapprochées depuis les années 1990–2000. De son côté, la sociologie de l'éducation a subi un tournant cognitif¹ et un nombre croissant de travaux sociologiques se focalisent désormais sur la dimension cognitive des apprentissages dans et hors de l'école. L'accent est désormais souvent mis sur les dispositions cognitives développées dans les différents milieux sociaux, sur

1. Si l'on peut repérer un « tournant cognitif » relativement récent en sociologie de l'éducation, il faut cependant souligner que la sociologie, dès son origine (pensons par exemple à l'œuvre de Durkheim), s'est intéressée à des questions relatives à la cognition.

les attendus cognitifs de l'univers scolaire et sur les malentendus cognitifs résultant de la confrontation entre ces dispositions particulières et les attendus scolaires. Pour leur part, les sciences cognitives cherchent de plus en plus, dans le sillage de certains travaux en psychologie du développement publiés à partir des années 1980–1990, à comprendre les relations entre les variables cognitives, biologiques et socioéconomiques (par exemple dans le domaine de l'apprentissage du langage oral ou écrit). Les variables liées au statut socioéconomique (SES) des individus, auparavant conçues comme des variables de contrôle à neutraliser², sont, au moins dans certains travaux, désormais appréhendées comme des variables explicatives qui pèsent fortement sur le développement cognitif et qu'il s'agit d'articuler à d'autres ensembles de variables (cognitives ou biologiques). En d'autres termes, tant les critiques des sciences cognitives par la sociologie au nom de l'absence de prise en compte du « social » que celle de la sociologie par les sciences cognitives au nom de l'absence d'intérêt pour le « cognitif » doivent être, si ce n'est invalidées, du moins relativisées.

Cette indéniable convergence entre certains segments des deux approches ne suffit cependant pas d'elle-même à impulser leur rapprochement sur la question des inégalités d'apprentissage. De fait, les collaborations interdisciplinaires appelées de leurs vœux et encouragées financièrement par les tutelles de la recherche en sont restées, en France tout au moins, à un stade embryonnaire. C'est pourquoi la suite de l'article, se proposant d'aller au-delà du simple constat de convergences entre les disciplines, visera à favoriser le dialogue entre sociologie de l'éducation et sciences cognitives en précisant, sur un mode programmatique, certaines perspectives de recherche interdisciplinaires. Il s'agira de mettre en évidence comment les échanges entre cognitivistes et sociologues sont susceptibles d'enrichir aussi bien les travaux en sociologie de l'éducation (deuxième partie) que ceux en sciences cognitives (troisième partie).

La thématique des inégalités sociales dans les apprentissages en sociologie et en sciences cognitives : un processus de convergence

La relation entre les apprentissages des enfants et des adolescents (à commencer par les apprentissages scolaires) et le milieu social dans lequel ils grandissent est une question qui a donné lieu, depuis une trentaine d'années, à un très grand nombre de travaux tant en sociologie qu'en sciences cognitives. Il s'agira, en nous appuyant sur un travail de lecture dans les deux

2. C'est-à-dire que ces travaux ne cherchent pas à expliquer les relations entre SES et habiletés cognitives, mais à éviter que les résultats des études sur les habiletés cognitives soient « biaisés » par le SES.

disciplines, de faire un rapide état de la recherche sur ce thème, permettant aux sociologues, aux spécialistes de sciences cognitives, ainsi qu'à l'ensemble des lecteurs de se faire une idée des apports de chaque discipline dans ce domaine de recherche.

Le tournant cognitif de la sociologie de l'éducation française

Le développement, dans les années 1960–1970, de la sociologie de l'éducation en France autour des théories de la reproduction (Bourdieu & Passeron, 1964, 1970) ou de l'inégalité des chances (Boudon, 1975) résultait principalement d'un intérêt pour des questions de stratification sociale et accordait peu de place à la question des apprentissages en eux-mêmes (Millet, 2013)³. Privilégiant, pour expliquer des inégalités d'accès et de réussite statistiquement mesurables, le dévoilement de la fonction cachée de reproduction de l'école, la sociologie française n'étudiait que très peu « la fonction de transmission du savoir et ses modalités pratiques, les modes de circulation, d'appropriation et d'étude des savoirs dans et hors l'institution scolaire » (Rochex, 2001 p. 5).

Dans la morphologie des communautés savantes travaillant sur l'enseignement et la transmission des savoirs, les sciences sociales et la sociologie en particulier sont demeurées les parentes pauvres, du moins les parentes lointaines et un peu oubliées. (Passeron, 1991, p. 354)

La situation a été un peu différente dans le monde anglo-saxon. Le sociolinguiste anglais Basil Bernstein et son équipe ont cherché, dès les années 1960, à inscrire la question des inégalités dans une analyse précise de la « communication pédagogique » et des codes langagiers (restreint ou élaboré) majoritairement utilisés dans les différents milieux sociaux (Bernstein, 1975). De même, les interactions langagières en milieu scolaire et les malentendus cognitifs dans les classes ont été analysés dans les écoles américaines par Aaron Cicourel (1975).

C'est à partir des années 1990 que la sociologie de l'éducation a pris, en France, un tournant cognitif. Ce tournant est en partie lié à la mise en évidence du caractère très précoce de la construction des inégalités scolaires. Dès lors, ce n'est pas tant le rapport des élèves à la culture « lettrée », « cultivée », « savante » (fréquentation des théâtres, des salles de concert ou des musées, lecture d'œuvres littéraires), qui serait à l'origine des inégalités que des dispositions cognitives acquises bien plus précocement (comme la

3. Nous ne prétendons en aucun cas ici proposer une synthèse exhaustive de la multitude de travaux produits en sociologie de l'éducation sur les inégalités d'apprentissage, ni même entrer dans le détail du « tournant cognitif ». L'enjeu est seulement d'indiquer les principaux jalons de cette prise en compte du « cognitif » par les sociologues de l'éducation en France.

littératie⁴) et conditionnant l'accès à des savoirs fondamentaux comme la lecture, l'écriture ou les bases du raisonnement mathématique.

Trois principaux foyers de diffusion de cette sociologie cognitive peuvent être identifiés en France. Le premier s'est constitué autour des travaux pionniers sur la socialisation des enfants de Bernard Lahire. Ce dernier, s'inspirant, notamment, des travaux de Basil Bernstein et de l'anthropologue Jack Goody (1979, 2007), montre que les inégalités scolaires trouvent, en grande partie, leur origine dans un rapport socialement différencié aux logiques scripturales et graphiques prévalant à l'école ou, plus généralement, aux pratiques de l'écrit (la littératie). Les élèves des classes populaires, fortement marqués par une culture langagière « orale-pratique » (alors que les élèves des milieux favorisés tendent à avoir une maîtrise « symbolique » du langage) sont en général moins disposés à prendre le langage comme objet d'analyse, à percevoir la dimension autoréférenciée du langage écrit. Ils tendent également à éprouver des difficultés à abstraire leurs productions langagières de l'ici et maintenant de la situation d'énonciation. Cela se traduit par des difficultés à produire un récit décontextualisé (par exemple pour aller vers une forme d'abstraction) ou, à l'inverse, par une faible contextualisation de leur récit, quand on leur demande de raconter, à partir de vignettes, une histoire à un interlocuteur absent et qui, de ce fait, a besoin de ces éléments de contexte pour bien se représenter la scène décrite (Lahire, 2019). Ces dispositions orales/pratiques sont par ailleurs à l'origine de faibles compétences métalinguistiques et d'un bas niveau de conscience phonologique, de difficultés d'orthographe, de découpage de la chaîne sonore ou d'identification des mots (Lahire, 1993).

L'approche cognitive des inégalités sociales d'apprentissage par la sociologie de l'éducation a aussi été développée par les chercheurs du laboratoire de sciences de l'éducation ESCOL (Éducation et scolarisation, Paris 8, Paris 12) et du réseau de recherche pluridisciplinaire RESEIDA (Recherches sur la socialisation, l'enseignement, les inégalités et les différenciations dans les apprentissages) créé en 2001. Leurs recherches, rejoignant celles de Lahire et son équipe, portent notamment sur le lien entre les inégalités scolaires et les pratiques de littératie. L'importance de la littératie est appréhendée dès l'école maternelle, niveau auquel n'est pas encore mis en place un apprentissage explicite et systématique de la lecture et de l'écriture, mais où sont développées des compétences très importantes pour la maîtrise ultérieure de l'écrit. La capacité à produire des récits oraux décontextualisés, à relier les différents éléments d'une histoire dans un album de jeunesse ou à savoir lire les éléments écrits d'une « fiche » dans le « bon » ordre et les mettre en relation suppose des compétences littératiées inégalement distribuées dans l'espace social et qui ne font que rarement l'objet d'un apprentissage explicite en classe (Bautier, 1995 ; Bonnéry & Joigneaux, 2015 ; Joigneaux,

4. C'est-à-dire l'aptitude à lire, à comprendre et à utiliser l'information écrite dans la vie quotidienne.

2009). Ce type d'analyse tend par ailleurs à être généralisé à l'ensemble des savoirs scolaires. Ces derniers supposent en effet une « secondarisation », c'est-à-dire qu'ils impliquent des élèves un travail de décontextualisation (notamment par rapport à la tâche demandée) qui leur permet de saisir la finalité « scolaire » du savoir en jeu (Bautier & Goigoux, 2004). Ce travail, peu explicité en classe, est à l'origine de nombreux « malentendus cognitifs » résultant du fait que certains élèves se méprennent sur les enjeux cognitifs des tâches scolaires. Comme l'écrivent Élisabeth Bautier et Roland Goigoux :

Le plus souvent enfermés dans une logique du faire et guidés par la recherche de la réussite immédiate, ils [certains élèves] traitent les tâches scolaires sans chercher à en saisir la signification, c'est-à-dire ce qu'elles leur permettent d'apprendre. C'est pourquoi ces élèves ont de la peine à transférer leurs connaissances d'un domaine à un autre, ou, à l'inverse, surgénéralisent les procédures qu'ils maîtrisent et les appliquent, sans analyse préalable, à toutes les situations. [...] Nous nommons 'attitude de secondarisation', cette attitude que certains élèves ont des difficultés à adopter : inhérente au processus de scolarisation, elle apparaît centrale dans les processus de différenciation. (2004, pp. 90-91)

Ainsi, certains élèves de CM2, surtout issus de milieux populaires, à qui l'enseignante demande de colorier un fond de carte avec différentes couleurs en fonction du relief, perçoivent avant tout l'exercice comme une activité de coloriage et relèguent au second plan l'objectif de maîtrise symbolique des codes de couleurs du relief. Ils ne perçoivent pas que le savoir acquis est transposable d'un fonds de carte à l'autre et sont désagréablement surpris quand l'enseignante les évalue la semaine suivante sur un autre fond de carte alors qu'ils avaient, en guise de révision, appris par cœur le premier fond de carte (Bonnéry, 2007).

Notons enfin le développement à partir des années 2000 en France d'une sociologie du curriculum, en partie inspirée par les travaux de sociologie de l'éducation anglo-saxons (Forquin, 2008) et, en particulier, par ceux de Basil Bernstein (Frandsen & Vitale, 2008). L'enjeu est de prendre pour objet d'enquête aussi bien le curriculum « prescrit » que le curriculum « caché » (ou « réel »), les conséquences cognitives des formes de classification et de cadrage des savoirs scolaires, le degré et les modalités d'explicitation des enjeux cognitifs associés aux apprentissages par les instructeurs à travers des pédagogies visibles ou invisibles (Bernstein, 2007). Cette perspective est particulièrement euristique pour montrer les incidences cognitives pour les élèves des formes de classification des savoirs scolaires enseignés : d'un point de vue cognitif, apprendre dans le cadre d'une classification relativement rigide (dans une discipline par exemple) et apprendre dans le cadre de savoirs « régionalisés » (*i.e.* construits à partir d'une fluidification des frontières disciplinaires comme dans les « éducations à » ou les projets « partenariaux ») ne revient pas au même et fait appel à des compétences cognitives sensiblement différentes (Netter, 2018, 2019 ; Stavrou, 2017).

Ces exemples illustrent le tournant cognitif de la sociologie des inégalités d'apprentissage, qui l'a conduite à prendre pour objet d'enquête tant l'évolution des curriculums et des savoirs scolaires à acquérir par les élèves dès la maternelle (et notamment une littératie de plus en plus étendue) que les modalités des raisonnements logiques et critiques demandés aux élèves (secondarisation, décontextualisation, transposition, conceptualisation, élaboration réflexive, etc. ; Bautier & Rayou, 2009). Il a également conduit à l'étude des logiques sociocognitives qui, à l'école, mais aussi dans les familles ou dans les groupes de pairs, organisent l'adoption de dispositions cognitives spécifiques, façonnent le rapport au temps, les postures du corps, les modes d'obéissance, les formes de savoirs, etc. (Millet, 2013). Dans le même temps, les sciences cognitives se sont davantage intéressées aux relations entre statut socioéconomiques et habiletés cognitives.

L'ouverture au « social » des sciences cognitives

La question du développement intellectuel des enfants et des adolescents est centrale en psychologie depuis près de 150 ans. Il n'est bien sûr pas possible dans le cadre de cet article d'en proposer ne serait-ce qu'une synthèse. Depuis une trentaine d'années, ce champ de recherche est dominé par les sciences cognitives (en particulier par la psychologie cognitive et les neurosciences). La psychologie cognitive a focalisé son attention sur les habiletés cognitives mobilisées dans chaque apprentissage. Par exemple, l'apprentissage de la lecture est exploré à partir d'habiletés langagières (*component skills of reading*) : reconnaissance des lettres, conscience phonologique ou morphologique, décodage, identification de mots, dénomination rapide de mots, vocabulaire, compréhension orale, connaissances métalinguistiques, etc. L'accent est aussi mis sur le rôle de certaines fonctions exécutives : attention, inhibition, mémoire de travail, etc. La décomposition des apprentissages à partir des habiletés cognitives qui les sous-tendent (pouvant elles-mêmes être décomposées) a conduit à une multiplication des travaux étudiant expérimentalement une ou plusieurs habiletés cognitives liées à un apprentissage particulier, cherchant à identifier leurs relations ou leurs poids respectifs dans l'apprentissage en question. C'est ainsi que la reconnaissance des lettres, la conscience phonologique ou l'attention ont été par exemple désignées comme des habiletés particulièrement importantes pour l'acquisition de la lecture.

De leur côté, les neurosciences, en plein essor depuis les années 2000, ont permis d'identifier, grâce aux progrès de l'imagerie cérébrale, certains des corrélats anatomiques des habiletés cognitives impliquées dans les apprentissages. Là encore, la littérature scientifique est si abondante qu'il est strictement impossible d'en proposer ici une synthèse. Contentons-nous d'un exemple. Dans le domaine de la lecture, l'enfant, par l'activité de décodage, accède aux aires du langage parlé. Une région de l'hémisphère gauche (Visual

Word Form Area ou VWFA a été identifiée comme particulièrement influente dans la reconnaissance visuelle des lettres et graphèmes. Cette région, avant l'apprentissage de la lecture, sert à la reconnaissance des visages (fonction assurée, après l'apprentissage de la lecture, par une région de l'hémisphère droit). L'identification de cette région faisant office de « boîte à lettres » du cerveau, dont l'activation est étroitement liée aux performances en lecture, pourrait aussi servir à identifier les méthodes d'apprentissage de la lecture les plus efficaces (du fait qu'elles sont à l'origine d'une activation optimale de la VWFA ; Dehaene, 2011).

S'il était nécessaire de rappeler très brièvement, pour des lecteurs non spécialistes, le type de contribution des principaux courants des sciences cognitives à la compréhension des apprentissages des enfants, le point important pour notre propos est que, depuis les années 1990, un nombre croissant de travaux en sciences cognitives explorent les relations entre les variables cognitives (avec ou sans l'étude de leurs corrélats anatomiques) et les variables liées au statut socioéconomique (SES), mesuré le plus souvent à partir de la profession d'un ou des deux parents, de leur niveau d'études, voire parfois de leurs revenus (le lieu d'habitation ou l'établissement de scolarisation peuvent aussi plus occasionnellement servir d'indicateurs)⁵. L'introduction de ce type de variables ouvre un domaine de recherche immense pour les sciences cognitives : potentiellement, toutes les expérimentations déjà réalisées pourraient être faites de nouveau en intégrant les variables liées au SES, en examinant leurs relations, à différents âges, avec les variables cognitives ou biologiques, en mesurant la part de la variance qu'elles expliquent, etc.

Ce travail est d'ailleurs en cours et a donné lieu à un nombre très important de publications. Depuis les années 1990, se sont multipliés les travaux cherchant à identifier, en fonction des apprentissages, les habiletés cognitives les plus corrélées au statut socioéconomique. Dans le domaine de la lecture, par exemple, des enquêtes longitudinales montrent que les inégales performances en lecture en fonction des milieux sociaux sont largement prédites par des niveaux différents de reconnaissance des lettres à l'école maternelle (Bara, Gentaz, & Colé, 2008) ou de conscience phonologique tant à l'âge préscolaire que dans les premières années d'apprentissage de

5. Ce champ de recherche sensible aux effets du « social » reste cependant émergent. Beaucoup de travaux en sciences cognitives soulignent en effet à l'inverse le caractère extrêmement précoce, voire inné, de certaines compétences cognitives ainsi que leur dimension quasi universelle (c'est-à-dire peu sensibles aux variations socioculturelles). Les vives critiques de certains chercheurs en sciences cognitives contre le constructivisme et l'environnementalisme des sciences humaines et sociales n'ont pas disparu (voir, par exemple, Pinker, 2005). Notons toutefois que tous les positionnements innéistes et universalistes n'induisent pas mécaniquement d'opposition frontale avec les sciences sociales. Les travaux de Rita Astuti (2007) ou Maurice Bloch (2013) montrent par exemple l'intérêt des tentatives visant à articuler certains aspects universels de la cognition humaine mis en évidence par les sciences cognitives avec les variations sociales et culturelles observées par les anthropologues.

la lecture (Fluss, *et al.*, 2009). De même, les difficultés en compréhension de texte d'élèves scolarisés en zone d'éducation prioritaire sont, au moins au CP, liées aux compétences en décodage (Gentaz, Sprenger-Charolles, & Theurel, 2015)⁶. Les débats portent aussi sur la variation du lien entre SES et habiletés cognitives en fonction de l'âge. Par exemple, alors que Raz et Bryant (1990) constatent que les différences de conscience phonologique liées au milieu social n'apparaissent qu'une fois l'apprentissage de la lecture commencé à l'école, Bowey (1995) et beaucoup d'autres chercheurs à sa suite trouvent des traces de cette corrélation dès l'école maternelle. Le poids des facteurs socioéconomiques sur les habiletés cognitives liées à certains apprentissages est également décliné selon les langues et les pays d'origine (Cheng & Wu, 2017).

Ce type de recherche, qui précise l'origine et la genèse des inégalités scolaires en identifiant les habiletés cognitives les plus sensibles à l'influence du milieu social, permet aussi de définir les objectifs prioritaires devant être ciblés, aux différents niveaux de la scolarité, par les politiques éducatives (par exemple, favoriser les interventions portant sur le développement de la conscience phonologique et la reconnaissance des lettres dès l'école maternelle). Remarquons d'ailleurs qu'une partie des recherches en sciences cognitives s'est spécialisée dans l'évaluation des effets de ces programmes ciblant des difficultés cognitives dans certains milieux sociaux défavorisés ou « à risques » (voir, par exemple, Boyes, *et al.*, 2017).

Les « neurosciences cognitives des inégalités sociales » (D'Angiulli, Lipina, & Olesinka, 2012) ou les « neurosciences du statut socioéconomique » (Farah, 2017) sont, quant à elles, apparues dans les années 2000. C'est donc un champ de recherche relativement nouveau, mais qui se développe rapidement. Les chercheurs de ce domaine étudient d'abord, de manière descriptive, les différences observables entre les cerveaux des individus issus de milieux favorisés ou défavorisés. L'objectif est d'identifier des systèmes neurocognitifs dont la structure et/ou le fonctionnement varient sensiblement en fonction du SES. Pour ce qui est du fonctionnement du cerveau (nous n'évoquerons pas ici les différences de structures liées au SES, champ de recherche en pleine expansion), ces travaux permettent d'une part, en étudiant l'activation ou la structure de certaines régions cérébrales associées à certaines habiletés (la mémoire de travail par exemple), de confirmer, mais aussi d'infirmer les variations en fonction du milieu social telles qu'elles peuvent être mesurées par des tests (*behavioral measures*). L'imagerie cérébrale permettrait aussi de détecter des différences neurocognitives liées au SES que les tests ne permettent pas de repérer (par exemple des différences dans l'attention en fonction des milieux sociaux, non perceptibles par les tests, mais mises en évidence par les mesures de l'activation de certaines zones du cortex préfrontal, impliquées dans l'attention – cf.

6. Ce type de constat a aussi été formulé par Bernard Lahire (voir supra).

D'Angiulli, Herdman, Stapells, & Hertzman, 2008). L'imagerie met parfois en évidence que, à niveau de performance égale dans certains apprentissages, les régions cérébrales activées peuvent être différentes en fonction des milieux sociaux (Farah, 2017). L'étude des corrélats anatomiques montrerait que, au moins pour quelques tâches, les élèves ne mettent pas en œuvre les mêmes stratégies cognitives. Les neurosciences font également apparaître que le faible niveau dans certaines habiletés cognitives peut être compensé par l'accès à d'autres ressources. Ainsi, la corrélation entre le degré d'activation de la « boîte aux lettres » du langage et un faible niveau de conscience phonologique est plus forte pour les enfants issus de classes défavorisées, les enfants issus de milieu favorisés accédant à d'autres ressources leur permettant d'activer cette zone malgré leur faible niveau en conscience phonologique (Noble, Farah, & McCandliss, 2006).

Plus généralement, tant la psychologie cognitive que les neurosciences ont contribué à montrer la forte corrélation, dès le plus jeune âge, entre les facteurs socioéconomiques, cognitifs et biologiques. Le sens de la causalité entre les différents ensembles de variables reste très incertain : du social vers le cognitif/biologique/génétique ou l'inverse (Farah, 2017 ; Hackman & Farah, 2008).

En définitive, un certain nombre de travaux en sciences cognitives, sans doute influencés par la diffusion rapide des thèses sociologiques sur les inégalités sociales dans le milieu scientifique et dans l'opinion publique, mais aussi par une tradition déjà ancienne de prise en compte des facteurs socioéconomiques en psychologie du développement, ont récemment intégré la nécessité de prendre en compte certaines variables socioéconomiques dans leur étude de la cognition. L'enjeu n'est pas tant, comme dans la sociobiologie ou les neurosciences sociales, de révéler, de manière relativement unidirectionnelle, les déterminants biologiques des comportements sociaux, que d'étudier les corrélations entre différents ensembles de facteurs socioéconomiques, biologiques, génétiques, cognitifs et de proposer ainsi une science intégrée des inégalités sociales.

Au terme de cette première partie, nous pouvons affirmer que certaines approches des inégalités d'apprentissage en sociologie de l'éducation et en sciences cognitives peuvent entrer en dialogue. La sociologie de l'éducation se penche de plus en plus sur le versant « cognitif » des inégalités scolaires, tandis qu'une partie des sciences cognitives intègre de manière croissante la dimension « sociale » des inégalités dans le domaine de la cognition. Cependant, malgré ces convergences, sociologues et spécialistes des sciences cognitives communiquent peu, sont rarement engagés dans des projets de recherche communs (voir, par exemple, la synthèse particulièrement éclairante de Christophe Joigneaux montrant la « balkanisation » des recherches sur la « littératie précoce » – Joigneaux, 2013, 2019). S'il en est ainsi, c'est en grande partie parce que, quand bien des rapprochements ont

eu lieu, le passage d'une approche à l'autre suppose un *travail de traduction* préalable à leur appropriation réciproque. C'est ce travail de formulation des prises que chaque approche offre à l'autre que nous nous proposons désormais d'effectuer.

Quelles passerelles entre une sociologie des processus de « secondarisation » à l'école et les sciences cognitives ?

Les travaux sociologiques sur les inégalités d'apprentissage, ayant en commun d'analyser sous un angle cognitif la plus ou moins grande distance des élèves aux attendus scolaires et partageant souvent les mêmes références bibliographiques (sociologiques principalement, mais aussi psychologiques ou didactiques), apparaissent aux sociologues de l'éducation comme constituant un domaine, voire une communauté, de recherche en soi, ayant progressivement acquis des contours identifiables ainsi qu'une légitimité au sein de la sociologie de l'éducation et, plus généralement, des sciences de l'éducation. Cependant, cette construction sociocognitive des inégalités scolaires ne fait pas immédiatement sens en elle-même pour les sciences cognitives. Alors que, pour les sociologues, les différents phénomènes cognitifs qu'ils étudient constituent la déclinaison d'un ensemble de malentendus entre les attendus cognitifs scolaires et les schèmes cognitifs que les élèves acquièrent lors de leur socialisation (notamment via leur rapport au langage), pour les sciences cognitives, ces différents phénomènes perdent cette unité et renvoient à un ensemble très hétérogène de questionnements perçus comme relevant de multiples domaines de recherche (le langage oral, la lecture, les connaissances métalinguistiques, les fonctions exécutives, la construction d'une pensée abstraite ou conceptuelle, le transfert des connaissances, etc.). Autrement dit, bien que les sociologues de l'éducation aient l'impression d'avoir, depuis les années 1990, contribué à une analyse approfondie des aspects cognitifs des apprentissages, le grain de leurs travaux est encore souvent beaucoup trop gros pour des sciences cognitives engagées dans un processus de spécialisation avancée visant à étudier de manière de plus en plus approfondie un nombre croissant d'habiletés cognitives. En outre, la problématisation des inégalités cognitives et les catégories utilisées pour décrire l'activité cognitive par les sociologues s'appuient principalement sur la sociolinguistique (et notamment les travaux de Bernstein) ou l'anthropologie de l'écrit (à commencer par celle de Goody), surtout en ce qui concerne les aspects langagiers (ou littératiés), et ce type de problématisation tend à être relativement méconnu par les chercheurs en sciences cognitives.

Il en résulte que la collaboration entre sociologie de l'éducation et sciences cognitives suppose que ces dernières prennent au sérieux et s'approprient, fût-ce de manière critique, du fait notamment de leur relative imprécision et de leur caractère difficilement objectivable par la mesure (critère

pourtant déterminant pour les sciences expérimentales), des notions comme « secondarisation », ou « décontextualisation »⁷. L'enjeu est pour les sciences cognitives de traduire dans leur propre langage ces « construits cognitifs », qui ne font pas immédiatement sens pour elles, en les décomposant en une série d'habiletés cognitives étudiables soit isolément, soit, et cela est sans doute plus intéressant, en tant qu'elles produisent conjointement, selon des modalités relationnelles à définir, cet effet important sur les apprentissages scolaires mis en évidence par les travaux sociologiques (*i.e.* des capacités à « secondariser » ou à « décontextualiser » exigées à l'école). Car si les sciences cognitives peuvent amener la sociologie à préciser et à clarifier les différentes habiletés et processus cognitifs en jeu dans les phénomènes qu'elle observe, à l'inverse, la sociologie pourrait permettre aux sciences cognitives de mieux comprendre comment ces habiletés s'actualisent, isolément ou conjointement, dans le contexte de l'école, en fonction des tâches, des normes et des attentes spécifiques à la « forme scolaire » (Vincent, 1980).

À défaut de produire une théorie générale de ce type de collaboration, nous nous appuyerons sur deux exemples qui illustrent à la fois des objets pouvant donner lieu à un regard croisé entre sociologie et psychologie cognitive et deux modalités de l'échange interdisciplinaire.

Lire une fiche en maternelle : les apports potentiels des sciences cognitives à l'approche sociologique

Les travaux du sociologue Christophe Joigneaux (2009) montrent que la genèse précoce des inégalités scolaires dès l'école maternelle s'explique en partie au moins par les compétences en littératie précoce, c'est-à-dire par les capacités des élèves à exploiter les pouvoirs de l'écrit avant que celui-ci ne fasse l'objet d'un apprentissage explicite. Il s'appuie pour étayer sa thèse sur l'étude de la manière dont les élèves appréhendent des fiches à l'école maternelle. L'enjeu de l'étude est de montrer

comment des élèves de Grande Section de maternelle exploitent plus ou moins la possibilité d'avoir une vision d'ensemble des traces graphiques (non alphabétiques) qu'ont laissées leurs opérations intellectuelles passées pour en contrôler la cohérence et planifier en conséquence celles qui vont suivre. (Joigneaux, 2019)

Les élèves qui font le moins d'erreurs sur ces fiches pré-imprimées sont ceux qui prennent le temps de suspendre leur activité graphique pour avoir une vision d'ensemble de l'espace sur lequel ils travaillent. Ce temps de recul est aussi un temps où ils réfléchissent sur les traces graphiques (celles

7. Pour rappel, il s'agit principalement de la capacité des élèves à comprendre les enjeux cognitifs des tâches scolaires et à transférer judicieusement leurs connaissances d'un domaine à l'autre.

pré-imprimées sur la fiche ou les leurs), regardant de loin ou de près les différents éléments à exploiter dans le cadre de l'activité proposée.

Ces « petits gestes d'études » qui, selon Christophe Joigneaux, « ont en commun d'exploiter des ressources sémiotiques de l'écrit » (Joigneaux, 2019) gagneraient à être décomposés par les sciences cognitives, l'enjeu étant notamment d'identifier les multiples fonctions exécutives impliquées dans les phénomènes observés par le sociologue : attention, inhibition, planification, mémoire de travail, etc. Ce travail de décomposition pourrait permettre d'identifier les fonctions exécutives qui expliquent le plus l'échec ou la réussite dans la tâche demandée, voire de faire apparaître différents usages de ces fonctions cognitives selon certaines propriétés sociales des élèves, dont leur statut socioéconomique⁸. Cette identification des habiletés cognitives nécessaires à la réalisation de la tâche (en l'occurrence, lire une fiche en maternelle) ouvrirait aussi des possibilités de comparaison avec d'autres tâches, elles aussi dépendantes de la maîtrise de ces fonctions, ce qui pourrait donner lieu à la construction de stratégies de remédiation globales portant sur une ou plusieurs fonctions dont les effets ont été identifiés dans une série de tâches réalisées par les élèves dans le cadre scolaire. Par ailleurs, les techniques d'oculométrie (*eye-tracking*) largement utilisées par les sciences cognitives apporteraient des précisions utiles sur la manière dont les élèves organisent visuellement leur exploration de la fiche, sur les éléments qui retiennent en priorité leur attention, sur leur capacité à inhiber certaines intuitions, etc. Réciproquement, en les invitant à prendre pour objet d'étude les tâches scolaires telles qu'elles sont réellement proposées aux élèves à l'école, la sociologie contribuerait à renforcer la capacité des sciences cognitives à analyser la dimension « située » des apprentissages scolaires.

Donner la priorité aux savoirs décontextualisés : un débat utile avec les sciences cognitives

Certains travaux sociologiques ont souligné que la tendance des enseignants à susciter l'intérêt des élèves grâce à des tâches ou à un langage se rapprochant de leur réalité quotidienne était susceptible, surtout pour les élèves issus de milieu défavorisés, de rendre plus difficile la prise de distance (secondarisation) nécessaire à la compréhension des enjeux cognitifs proprement scolaires associés à la situation d'enseignement/apprentissage (Bautier & Goigoux, 2004 ; Coulanges, 2011). La solution envisagée est de confronter plus systématiquement les élèves, en particulier ceux issus des classes populaires, à un langage (littératie) ou à des tâches qui, éloignés de leur univers quotidien, leur permettent d'accéder plus facilement à des connaissances décontextualisées

8. Le lien entre fonctions exécutives et SES a fait l'objet de nombreux travaux en sciences cognitives. Pour une méta-analyse, voir Lawson, Hook, et Farah, 2017.

et secondarisées, nécessaires pour le passage à l'abstraction et pour la transition d'une tâche à l'autre.

Du point de vue des sciences cognitives, la question pourrait être formulée de la manière suivante : comment les élèves peuvent-ils s'appuyer sur leur expérience, sur du connu extrascolaire, pour construire de nouvelles connaissances scolaires ? Ce « connu » les entrave-t-il dans leur accès à des connaissances scolaires ou, à l'inverse, peut-il être un appui ? De nombreux travaux en psychologie cognitive ont abordé cette question. Certains apportent des nuances, voire contredisent le constat et la préconisation des sociologues. André Tricot (2017) insiste par exemple sur les bienfaits, tant pour la motivation que pour les apprentissages, d'une mise en relation *contrôlée* des apprentissages scolaires avec ceux issus de la « vraie vie », notamment parce que les connaissances sont toujours en lien avec des usages scolaires et extrascolaires. Les situations de classe « authentiques », qui se rapportent à la « vraie vie », même si elles peuvent aussi induire des difficultés en brouillant les apprentissages en jeu, permettent selon lui « d'améliorer la perception de l'utilité des connaissances », ce qui a des incidences sur les habiletés cognitives (comme la mémoire). De son côté, Emmanuel Sander, à propos de la résolution de problèmes mathématiques, rappelle que les élèves s'appuient sur des analogies (Hofstadter & Sander, 2013), dont beaucoup reposent sur des connaissances extra-mathématiques et sont issues de la vie quotidienne :

Ces analogies orientent les interprétations de l'énoncé par l'élève, peuvent être facilitatrices comme obstructives selon qu'elles suscitent des inférences pertinentes et favorisent la réussite ou à l'inverse des inférences inappropriées et y font alors obstacle. (Sander, 2019, p. 123)

Dans ce cas particulier, la dimension fortement contextualisée et extrascolaire de l'analogie mobilisée consciemment ou inconsciemment n'est pas mécaniquement un obstacle aux apprentissages, l'art de l'enseignant étant de comprendre les types d'analogies intuitives auxquels recourent les élèves pour les accompagner au mieux dans leurs apprentissages. En somme, d'après ces travaux, l'objectif n'est pas tant de confronter les élèves, et en particulier ceux issus des classes populaires, à des savoirs décontextualisés libérés des effets de brouillage de l'expérience quotidienne, mais de mieux comprendre, d'un point de vue cognitif, comment et à quelles conditions ces savoirs issus de la « vraie vie » mobilisés de manière intuitive par les élèves peuvent servir d'incitation et d'appui aux apprentissages. C'est aussi une fonction de l'interdisciplinarité que d'inviter les disciplines à se remettre au travail pour approfondir et complexifier leurs analyses. Comme cela a été le cas en anthropologie (Bloch, 2013), les sciences cognitives peuvent conduire les sciences sociales à remettre sur le métier des thèses qui n'étaient peut-être plus assez discutées.

Quelle interdisciplinarité entre la sociologie et les sciences cognitives sur la question des inégalités d'apprentissage ?

Comme nous l'avons illustré dans la première partie, les sciences cognitives ont multiplié depuis les années 1990 les recherches prenant en compte certaines variables liées au statut socioéconomique (SES) des individus. C'est une évolution importante en vue d'un rapprochement avec la sociologie dans la mesure où elle constitue une réponse aux critiques d'invisibilisation du social que les sociologues adressent traditionnellement, et parfois à juste titre, aux sciences cognitives.

Le SES : d'une variable de contrôle à une variable explicative à étudier

Les spécialistes des sciences cognitives s'intéressant aux inégalités sociales d'apprentissage en fonction du SES des élèves cherchent à comprendre les relations, les médiations entre les facteurs sociaux et les habiletés cognitives et, pour les neurosciences, leurs corrélats anatomiques. Contrairement à ce qu'affirment certains sociologues, cette prise en compte du « social » dans les recherches en sciences cognitives ne conduit pas mécaniquement à sa relégation à l'arrière-plan des dimensions cognitives ou biologiques. Certes, les sciences cognitives s'intéressent avant tout à la cognition, mais les différents ensembles de variables prises en compte (cognitives, biologiques, sociales) ne sont pas d'emblée hiérarchisés. Dès lors, la critique sociologique affirmant que les recherches en sciences cognitives relèguent le contexte social « au statut de variable explicative » (Joigneaux, 2019) n'a pas véritablement de sens. À titre d'exemple, pour les spécialistes des sciences cognitives travaillant sur les différences de performance en lecture en fonction du SES, la conscience phonologique, l'activation de la « boîte aux lettres du langage » ou la profession du père sont toutes des variables « explicatives », dont il s'agit de connaître le poids (la part de la variance qu'elles expliquent) et les relations. En outre, comme indiqué précédemment, le sens de la causalité entre les différents ensembles de facteurs est le plus souvent laissé ouvert (Farah, 2017). Par ailleurs, certains travaux en sciences cognitives soulignent la quasi impossibilité, dans l'état actuel de la recherche, d'autonomiser et, consécutivement, de hiérarchiser le poids de chaque ensemble de variables. Comme le rappelle Kimberly Noble (Noble, Farah, & McCandliss, 2006 ; Noble, Wolmertz, Ochs, Farah, & McCandliss, 2006), neuroscientifique à l'Université de Columbia ayant travaillé sur l'apprentissage de la lecture, le SES étant fortement corrélé à certaines habiletés cognitives (comme la conscience phonologique) sans que l'on connaisse très bien la nature de cette corrélation,

il est très contestable, comme cela est fait dans de nombreuses recherches en sciences cognitives, d'affirmer que les variations interindividuelles dans un apprentissage sont plus expliquées par les variables cognitives que par le SES.

En somme, les sociologues ont à leur disposition un ensemble relativement important de travaux en sciences cognitives mettant en évidence l'intrication, dès le plus jeune âge, des habiletés cognitives et de l'environnement social des individus. À condition qu'ils n'estiment pas que ces recherches en sciences cognitives relèvent, épistémologiquement et méthodologiquement, d'un « naturalisme » duquel la sociologie gagne à s'affranchir afin de mettre en œuvre un programme de recherche propre à la spécificité de ses objets (position selon nous tout à fait acceptable – cf. Ogien, 2011 ; Quéré, 2011 – mais qui ne saurait être érigée en principe), ces travaux ne peuvent manquer d'interpeler les sociologues de l'éducation. Abordant des questions éminemment sociologiques, mais réalisées dans la très grande majorité des cas sans le concours de spécialistes des sciences sociales, ces recherches en sciences cognitives laissent-elles une place aux sociologues ? Et si oui, laquelle ?

Perspectives interdisciplinaires

Si place il y a, elle n'est pas évidente. Les sociologues peuvent être intéressés et confortés par les travaux qui montrent que certaines habiletés cognitives varient en fonction du statut socioéconomique dès le plus jeune âge. Mais, il leur est difficile de définir leur contribution éventuelle à ce type de recherche visant à établir la corrélation entre des processus cognitifs faisant l'objet d'une décomposition de plus en plus poussée et le SES défini de manière standard à travers un indicateur relativement « grossier » comme le niveau d'étude d'un ou des deux parents. Car si dissymétrie il y a entre les différents ensembles de variables traitées (et, partant, entre les disciplines qui leur sont associées), elle se situe bien au niveau de leur complexité : d'un côté, des habiletés cognitives de plus en plus nombreuses car de plus en plus décomposées, dont la mesure et l'analyse demandent un traitement expert et spécialisé ; de l'autre, une variable socioéconomique recueillie de manière standardisée, le plus souvent à travers un questionnaire. Dès lors, pour que les sociologues, et notamment ceux qui mettent en œuvre des démarches qualitatives et interprétatives, puissent se sentir concernés par les recherches en sciences cognitives prenant en compte le statut socioéconomique, il faudrait que le « social » soit appréhendé avec un grain beaucoup plus fin, quand bien même la méthodologie expérimentale et le traitement statistique imposeraient de renoncer, à certains moments de l'enquête, à certains détails observables dans le cadre des enquêtes ethnographiques au profit d'un raisonnement « par variables ».

Cette complexification des indicateurs socioéconomiques pris en compte, symétrique à la décomposition nécessaire pour que les « construits sociologiques » puissent faire sens pour les sciences cognitives (voir

supra), paraît d'autant plus indispensable que de très nombreux travaux sociologiques montrent que des indicateurs comme la profession, le revenu ou le niveau d'études des parents, s'ils sont corrélés à des différences de développement cognitif, ne permettent pas de comprendre les voies par lesquelles ils agissent (si ce n'est en posant une transmission génétique comme le fait, pour les habiletés en lecture, la génétique comportementale, cf. Van Bergen, van Zuijlen, & Bishop, 2016). Par exemple, le niveau scolaire et les performances en littératie des enfants issus des classes populaires varient sensiblement, à statut socioéconomique égal, en fonction de l'exposition à l'écrit dans le cadre de pratiques quotidiennes avec les parents (établissement de listes de courses, lecture de journal, aide au remplissage de documents administratifs, etc. ; Lahire, 1995). De même, Stéphane Bonnéry et Christophe Joigneaux (2015) montrent que le choix des albums de jeunesse et les manières de les lire par les parents sont autant de discriminants socialement que le temps de lecture partagée (indicateur utilisé régulièrement dans certaines recherches en sciences cognitives). Cette compréhension plus fine des passerelles (*pathways*) par lesquels la position sociale se transmute en différences cognitives est d'autant plus nécessaire que la recherche prétend guider les politiques éducatives et les remédiations : rien ne sert en effet, par exemple, de mettre en œuvre, dans les familles de milieux défavorisés, un programme visant à augmenter le temps de lecture partagée, si l'on n'intègre pas d'autres indicateurs comme le choix du livre et la manière de le lire.

Les interventions auprès des familles de milieux défavorisés, souvent encouragées, à titre préventif, par les chercheurs en sciences cognitives, constituent d'ailleurs un terrain d'enquête privilégié pour les sociologues dans la mesure où elles s'apparentent à des situations expérimentales toujours intéressantes à étudier⁹. Pour les sociologues, les dispositions cognitives étant difficilement dissociables des styles de vie qui les engendrent, il serait intéressant d'observer comment une intervention ponctuelle sur une habileté cognitive ou sur une activité ou une condition de vie qui lui est associée entre en *résonance* ou en opposition avec certaines représentations, dispositions ou pratiques caractéristiques du style de vie des familles ciblées. À titre d'exemple, l'expérience visant à étudier les transformations neurocognitives de mille familles de milieu populaire recevant chaque fois une aide financière de 20 ou 330 dollars, l'hypothèse étant qu'une lutte contre la pauvreté a des effets positifs sur le développement cognitif (Noble, 2017), gagnerait à intégrer une analyse sociologique des effets de l'augmentation du capital économique de certaines familles et de ses effets, que l'on peut supposer complexes, sur leurs dispositions culturelles et cognitives.

Enfin, le rapprochement entre les sciences cognitives des inégalités sociales et la sociologie de l'éducation permettrait sans doute d'éviter, comme le

9. C'est ce type de changement social qu'ont étudié Michel Pinçon et Monique Pinçon-Charlot (2010) dans leur ouvrage sur les gagnants des gros lots au loto.

soulignent eux-mêmes certains spécialistes des sciences cognitives (D'Angiulli, *et al.*, 2012), le risque d'une représentation majoritairement déficitaire des performances cognitives des enfants issus de milieux défavorisés, associée à une médicalisation de leurs « troubles » (Morel, 2014). En soulignant le fait que les difficultés cognitives de certains enfants des milieux populaires sont le produit de la confrontation entre leurs dispositions cognitives et des attendus cognitifs socialement construits et comportant une part de normativité, les sociologues inviteraient les sciences cognitives à davantage interroger, en les dénaturalisant, ces attendus cognitifs (de l'école, des enseignants, du monde du travail, etc.) et à se faire ainsi force de transformation sociale.

Conclusion

S'il ne s'agit en aucun cas ici de nier les différences entre sociologie et sciences cognitives et la difficulté de les articuler, il faut reconnaître que certains des arguments soulignant d'emblée leur incompatibilité sont peu fondés et résultent davantage d'une méconnaissance croisée ou de logiques de différenciation et de concurrence que d'un examen approfondi des travaux des uns et des autres. Par conséquent, à condition de demeurer modestes et de ne pas prétendre plus qu'elles ne peuvent, les approches interdisciplinaires entre sociologie et sciences cognitives semblent accessibles aux chercheurs disposés à s'intéresser davantage aux contigüités qu'aux oppositions disciplinaires, toutes aussi réelles les unes que les autres. Cette modestie doit conduire à ne pas disqualifier, au nom de l'interdisciplinarité, les approches disciplinaires, qui, autant en sociologie qu'en sciences cognitives, ont largement fait leurs preuves tandis que *l'interdisciplinarité ici esquissée demeure programmatique et a encore quasiment tout à prouver*. Elle doit aussi conduire à accepter que l'interdisciplinarité se développe dans un contexte d'antagonismes disciplinaires, qui ont leur fonction. Au même titre que l'on doit accepter que la sociologie soit critiquée sous l'angle de sa tendance au « déterminisme » ou sous l'angle des problèmes soulevés par son épistémologie et sa méthodologie, certaines des critiques que la plupart des sociologues adressent aux « sciences cognitives » (comme celle de « naturalisation » ou de « biologisation » du social, cf. Lemerle, 2016) ont, au moins dans certains cas, leur raison d'être. Cette modestie doit enfin, à notre avis, inciter à mettre avant tout l'accent sur l'identification pragmatique, dans les deux disciplines, d'objets de recherche se prêtant le mieux à des rapprochements et à une opérationnalisation dans des recherches interdisciplinaires. Néanmoins, ce pragmatisme n'équivaut pas à la recherche de solutions de facilité : comme le montre l'anthropologie cognitive ou certains travaux sur l'interdisciplinarité initiés par des chercheurs en sciences sociales (Callard & Fitzgerald, 2012), les rapprochements les plus intéressants entre sciences sociales et sciences cognitives

ne résultent pas nécessairement des « mariages » les plus évidents (par exemple entre sociologie quantitative et psychologie cognitive), mais parfois plutôt, à l'inverse, d'une confrontation entre des segments en apparence relativement éloignés méthodologiquement et, notamment, du dépassement de l'opposition entre approche ethnographique (qualitative et interprétative) et approche expérimentale.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Astuti, R. (2007). Weaving together culture and cognition : An illustration from Madagascar. *Revue de l'Association pour la recherche cognitive*, 46–47, 173–189.
- Bara, F., Gentaz, E., & Colé, P. (2008). Littératie précoce et apprentissage de la lecture : comparaison entre des enfants à risque, scolarisés en France dans des réseaux d'éducation prioritaire, et des enfants de classes régulières. *Revue des sciences de l'éducation*, 34, 27–45.
- Bautier, E. (1995). *Pratiques langagières, pratiques sociales. De la sociolinguistique à la sociologie du langage*. Paris : L'Harmattan.
- Bautier, E., & Goigoux, R. (2004). Difficultés d'apprentissage, processus de secondarisation et pratiques enseignantes : une hypothèse relationnelle. *Revue française de pédagogie*, 148, 89–100.
- Bautier, E., & Rayou, P. (2009). *Les inégalités d'apprentissage. Programmes, pratiques et malentendus scolaires*. Paris : PUF.
- Bernstein, B. (1975). *Langage et classes sociales*. Paris : Minuit.
- Bernstein, B. (2007). Classe et pédagogies : visibles et invisibles. In J. Deauvieau & J.-P. Terrail (Éds.), *Les sociologues, l'école et la transmission des savoirs* (pp. 85–112). Paris : La Dispute.
- Bloch, M. (2013). *L'anthropologie et le défi cognitif*. Paris : Odile Jacob.
- Bonnéry, S. (2007). *Comprendre l'échec scolaire*. Paris : La Dispute.
- Bonnéry, S., & Joigneaux, C. (2015). Des littératies familiales inégalement rentables. *Le Français aujourd'hui*, 190, 23–34.
- Boudon, R. (1975). *L'inégalité des chances*. Paris : Armand Colin.
- Bourdieu, P., & Passeron, J.-C. (1964). *Les héritiers. Les étudiants et la culture*. Paris : Minuit.
- Bourdieu, P., & Passeron, J.-C. (1970). *La reproduction. Éléments d'une théorie du système d'enseignement*. Paris : Minuit.
- Bowey, J. (1995). Socioeconomic status differences in preschool phonological sensitivity and first-grade reading achievement. *Journal of Educational Psychology*, 87, 476–487.
- Boyes, M.E., Leitão, S., Claessen, M., Dzidic, P., Boyle, G., Perry, A., & Nayton, M. (2017). Improving phonological awareness in parents of children at risk of literacy difficulties : A preliminary evaluation of the Boost Program. *Frontiers in Education*, 2, 47. <https://doi.org/10.3389/educ.2017.00047>

- Callard, F., & Fitzgerald, D. (2012). *Rethinking interdisciplinarity across the social sciences and neurosciences*. Londres : Palgrave Mac Milian.
- Cheng, Y., & Wu, X. (2017). The relationship between SES and reading comprehension in Chinese : A mediation model. *Frontiers in Psychology*, 8, 672. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00672>
- Cicourel, A. (Éd.) (1975). *Language use and school performance*. New York : Academic Press.
- Coulanges, L. (2011). Quand les savoirs mathématiques à enseigner deviennent incidents. Étude des pratiques d'enseignement des mathématiques d'une enseignante de CM2. In J. Crinon & J.-Y. Rochex (Eds), *La construction des inégalités scolaires. Au cœur des pratiques et des dispositifs d'enseignement* (pp. 33–43). Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- D'Angiulli, A., Lipina, S., & Olesinka, A. (2012). Explicit and implicit issues in the developmental cognitive neuroscience of social inequality. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 254. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00254>
- D'Angiulli, A., Herdman, A., Stapells, D., & Hertzman, C. (2008). Children's event-related potentials of auditory selective attention vary with their socioeconomic status. *Neuropsychology*, 22, 293–300.
- Dehaene, S. (Éd.) (2011). *Apprendre à lire : des sciences cognitives à la salle de classe*. Paris : Odile Jacob.
- Farah, M.J. (2017). The neuroscience of socioeconomic status : correlates, causes, and consequences. *Neuron*, 96, 57–70.
- Fluss, J., Ziegler, J.C., Warszawski, J., Ducot, B., Richard, G., & Billard, C. (2009). Poor reading in French elementary school : The interplay of cognitive, behavioral, and socioeconomic factors. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 20, 206–216.
- Forquin, J.-C. (2008). *Sociologie du curriculum*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Frاندji, D., & Vitale, P. (Éds.) (2008). *Actualité de Basil Bernstein. Savoir, pédagogie et société*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Gentaz, E., Sprenger-Charolles, L., & Theurel, A. (2015). Differences in the predictors of reading comprehension in first graders from low socio-economic status families with either good or poor decoding skills. *Plos One*, 10(3), e0119581. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119581>
- Goody, J. (1979). *La raison graphique : la domestication de la pensée sauvage* (trad. par J. Bazin et A. Bensa). Paris : Les Éditions de Minuit.
- Goody, J. (2007). *Pouvoirs et savoirs de l'écrit* (trad. par C. Maniez). Paris : La Dispute.
- Hackman, D., & Farah, M.J. (2008). Socioeconomic status and the developing brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 13, 65–73.
- Hofstadter, D., & Sander, E. (2013). *L'Analogie : cœur de la pensée*. Paris : Odile Jacob.
- Joigneaux, C. (2009). La construction de l'inégalité scolaire dès l'école maternelle. *Revue française de pédagogie*, 169, 17–28.

- Joigneaux, C. (2013). La littératie précoce. Ce que les enfants font avec l'écrit avant qu'il ne leur soit enseigné. *Revue française de pédagogie*, 185, 117–162.
- Joigneaux, C. (2019). La littératie, entre cognitivisme et culturalisme : vers une approche multimodale et « reconnectée » de la littératie scolaire ? *Pratiques* [En ligne], 183–184. <https://doi.org/10.4000/pratiques.7042>
- Lahire, B. (1993). *Culture écrite et inégalités scolaires. Sociologie de l'échec scolaire*. Lyon : Presses universitaires de Lyon.
- Lahire, B. (1995). *Tableaux de familles. Heurs et malheurs en milieux populaires*. Paris : Gallimard/Seuil.
- Lahire, B. (2019). *Enfances de classe. De l'inégalité parmi les enfants*. Paris : Seuil.
- Lawson, G., Hook, C., & Farah, M.J. (2017). A meta-analysis of the relationship between socioeconomic status and executive function performance among children. *Developmental Science*, 21(2), E12529. <http://dx.doi.org/10.1111/desc.12529>
- Lemerle, S. (2016). Trois formes contemporaines de biologisation du social. *Socio* [En ligne], 6. <https://doi.org/10.4000/socio.2329>
- Millet, M. (2013). *Les cadres cognitifs de la socialisation. Savoirs, apprentissages et scolarisation*. Habilitation à diriger des recherches en sociologie, Université de Poitiers. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01378157>
- Morel, S. (2014). *La médicalisation de l'échec scolaire*. Paris : La Dispute.
- Netter, J. (2018). *Culture et inégalités à l'école. Esquisse d'un curriculum invisible*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Netter, J. (2019). *L'école fragmentée*. Paris : PUF.
- Noble, K.G. (2017, 1^{er} mars). What Inequality Does to the Brain ? *Scientific American*.
- Noble, K.G., Farah, M.J., & McCandliss, B.D. (2006). Socioeconomic background modulates cognition–achievement relationships in reading. *Cognitive Development*, 21, 349–368.
- Noble, K.G., Wolmertz, M.E., Ochs, L.G., Farah, M.J., & McCandliss, B.D. (2006). Brain-behavior relationships in reading acquisition are modulated by socioeconomic factors. *Developmental Science*, 9, 642–654.
- Ogien, A. (2011). Les sciences cognitives ne sont pas des sciences humaines. *SociologieS* [En ligne]. <https://doi.org/10.4000/sociologies.3635>
- Passeron, J.-C. (1991). *Le raisonnement sociologique. L'espace non poppérien du raisonnement naturel*. Paris : Nathan.
- Picard, E. (2014). Disciplines académiques et cadre institutionnel : réflexions autour du cas français. In B. Engler (Éd.), *Disziplin/discipline. 28 Kolloquium der Schweizerischen Akademie der Geistes- und Sozialwissenschaften* (pp. 47–56). Fribourg : Academic Press.
- Pinçon, M., & Pinçon-Charlot, M. (2010). *Les millionnaires de la chance. Rêve et réalité*. Paris : Payot.
- Pinker, S. (2005). *Comprendre la nature humaine*. Paris : Odile Jacob.
- Quéré, L. (2011). De vieilles obsessions sous des habits neufs ? *SociologieS* [En ligne]. <https://doi.org/10.4000/sociologies.3744>

- Raz, I., & Bryant, P. (1990). Social background, phonological awareness and children's reading. *British Journal of Developmental Psychology*, 8, 209–225.
- Rochex, J.-Y. (2001). Échec scolaire et démocratisation : enjeux, réalités, concepts, problématiques et résultats de recherche. *Revue suisse des sciences de l'éducation*, 23, 339–356.
- Sander, E. (2019). Une perspective interprétative sur la résolution de problèmes arithmétiques : le cadre A-S³. In J. Pilet & C. Venda (Éds.), *Pré-Actes du séminaire de didactique des mathématiques de l'ARDM* (pp. 119–138). <https://ardm.eu/wp-content/uploads/2018/10/91.pdf> Paris : ARDM.
- Stavrou, S. (2017). *L'université au diapason du marché. Une sociologie du changement curriculaire dans les universités françaises*
- Tricot, A. (2017). *L'innovation pédagogique*. Paris : Retz.
- Van Bergen, E., van Zuijen, T., & Bishop, D. (2016). Why are home literacy environment and children's reading skills associated? What parental skills reveal. *Reading Research Quarterly*, 52(2), 147–160.
- Vincent, G. (1980). *L'école primaire française*. Lyon : Presses universitaires de Lyon.

Notice biographique

Stanislas Morel est maître de conférences en sciences de l'éducation au Centre de recherche Experice, Université Sorbonne-Paris-Nord. Après avoir porté sur l'action culturelle en milieu scolaire, ses recherches se sont centrées sur la question de l'échec scolaire : sociogenèse et institutionnalisation du problème, transformation des catégories de pensée et de classement, « partenariats » et concurrences professionnelles autour de l'interprétation et du traitement des difficultés scolaires. Ses recherches portent actuellement sur les usages des sciences cognitives dans le domaine de l'éducation et interrogent les conditions de possibilité d'une interdisciplinarité entre sciences cognitives et sciences sociales.

COURRIEL : STANISLAS.MOREL@UNIV-PARIS13.FR

Regards croisés des approches cognitives et socioculturelles sur l'apprentissage collaboratif : quelles contributions dans le domaine de l'éducation ?

Gaëlle Molinari^{1, 2}, Nathalie Muller Mirza¹, Valérie Tartas³

¹*Université de Genève*

²*UniDistance*

³*Université Toulouse – Jean Jaurès*

RÉSUMÉ – Le domaine de l'apprentissage collaboratif réunit des approches pédagogiques se fondant sur l'importance des interactions sociales et de la collaboration pour favoriser l'apprentissage. Les théories associées à ce domaine sont nombreuses, et peuvent se regrouper en deux grandes perspectives : une perspective cognitive qui s'appuie sur des approches rattachées à la psychologie et aux sciences cognitives, et une perspective intersubjective qui fait appel à des approches socioculturelles en psychologie et éducation. Ce chapitre vise à mettre en lumière les contributions et apports spécifiques des approches cognitives et socioculturelles de l'apprentissage collaboratif. Après un aperçu de leurs fondements épistémologiques, nous les sollicitons tour à tour pour répondre à trois questions vives dans le domaine : les interactions sociales et les dialogues ; les environnements numériques ; la dimension affective et le rôle des émotions. La dernière partie du chapitre indique les perspectives que ces approches cognitives et socioculturelles ouvrent, chacune à leur façon mais de manière complémentaire, dans le domaine de l'éducation.

MOTS CLÉS – apprentissage collaboratif, approches cognitives et socioculturelles, dialogues, environnements numériques, dimension affective et émotions

Introduction

L'apprentissage collaboratif réunit des approches pédagogiques se fondant sur l'importance des interactions sociales et de la collaboration pour favoriser l'apprentissage. Largement documenté et étudié depuis les années 1980–1990, même si les soubassements épistémologiques et théoriques sont plus anciens, ce domaine est lié à des enjeux majeurs en éducation et en recherche puisqu'il interroge les processus collectifs qui sous-tendent l'apprentissage et ce qui peut le favoriser.

La définition de l'apprentissage collaboratif ne fait pas consensus. La plus commune est celle donnée par Dillenbourg : « une situation dans laquelle deux ou plusieurs personnes apprennent ou tentent d'apprendre quelque chose ensemble » (1999, p. 1). Cette définition s'avère toutefois problématique puisque les termes tels que « situation », « apprendre » ou « collaboration » reçoivent des acceptions différentes selon l'approche théorique choisie. Et les théories qui animent le champ de l'apprentissage collaboratif sont nombreuses.

Celles-ci peuvent se regrouper, schématiquement, en deux grandes perspectives : une perspective cognitive qui s'appuie sur des approches rattachées à la psychologie et aux sciences cognitives, focalisée sur les processus internes à l'apprenant ; et une perspective *situationnelle / intersubjective* qui fait appel à des approches socioculturelles en psychologie et éducation, centrée sur les processus intersubjectifs qui prennent place lorsque des individus interagissent et donnent sens aux différents éléments, symboliques et matériels, de l'environnement.

Ce chapitre se donne comme objectif de mettre en lumière les contributions et apports spécifiques des approches cognitives et socioculturelles de l'apprentissage collaboratif. Après un aperçu de leurs fondements épistémologiques, nous les sollicitons tour à tour pour répondre à trois questions qui animent aujourd'hui le domaine (Major, Warwick, Rasmussen, Ludvigsen, & Cook, 2018) :

- La question des interactions sociales et des dialogues : qu'apprend-on de ces deux approches sur leurs rôles et spécificités en situation d'apprentissage collaboratif ?
- La question des technologies numériques et, au sens plus large, du dispositif numérique d'apprentissage qui intègre le rôle de l'enseignant et de la matérialité : quels processus de l'apprentissage collaboratif soutiennent-elles ? Qu'apprend-on sur le rôle des artefacts qui médialisent et instrumentalisent les dialogues ?

- La dimension affective et notamment le rôle des émotions : qu'apprend-on de ces deux approches sur le rôle des émotions dans l'apprentissage collaboratif ?

Dans la dernière partie de cet article, notre intention est d'indiquer les perspectives que ces approches cognitives et socioculturelles ouvrent, chacune à leur façon mais de manière complémentaire, dans le domaine de l'éducation.

Fondements épistémologiques

Les approches cognitives et socioculturelles diffèrent principalement sur trois axes épistémologiques : la définition de l'objet d'étude, l'unité d'observation choisie, et les méthodes d'accès à cet objet. Si dans les deux approches l'objet d'étude est bien l'apprentissage collaboratif, sa définition est modulée par l'accent mis sur ce qui relève soit de l'extérieur, du social, de l'interpsychique, soit de l'intérieur, de l'intrapsychique, et l'articulation entre ces instances. L'unité d'observation choisie ne sera pas la même selon la définition de l'apprentissage considéré, soit comme un processus dynamique, impliquant de manière constitutive des dimensions sociales et cognitives, soit comme le produit d'un processus.

Les approches cognitives se centrent sur l'individu, son monde interne, et décrit les processus cognitifs qu'il met en œuvre pour apprendre. Deux perspectives sont classiquement distinguées, celle du traitement de l'information et l'approche piagétienne (Foulin & Mouchon, 2008). La première étudie l'apprenant comme un système de traitement de l'information, et décrit les processus cognitifs comme étant constitués de représentations mentales et de traitements. L'apprentissage est un processus individuel de construction et de modification des connaissances au cours des interactions de l'individu avec son environnement. Dans l'approche piagétienne, l'apprentissage correspond au traitement pour résoudre un conflit cognitif (Piaget, 1963) qui apparaît lorsque les informations perçues par l'individu viennent contrecarrer ses représentations mentales. Un tel traitement exige alors la réorganisation des connaissances en mémoire.

Les recherches qui adoptent une approche cognitive de l'apprentissage collaboratif considèrent le groupe comme un moyen pour chaque apprenant d'atteindre l'objectif individuel d'acquisition et de développement. L'objectif est donc d'étudier, d'une part, la façon dont les processus collaboratifs influencent l'acquisition individuelle de connaissances et, d'autre part, la façon dont la manipulation de variables indépendantes comme les caractéristiques des apprenants (e.g., leurs connaissances initiales), du groupe (e.g., l'hétérogénéité des connaissances de ses membres), de la tâche (e.g., sa complexité), et des outils technologiques utilisés (e.g., un script collabo-

ratif ou un outil d'*awareness* – deux outils que nous définirons ci-après) peut favoriser ou non l'apprentissage collaboratif (Janssen & Kirschner, 2020). Les principales variables dépendantes considérées dans ces recherches sont des mesures individuelles comme le gain d'apprentissage, les émotions ressenties pendant la collaboration ou la qualité perçue des interactions (Avry, Chanel, Bétrancourt, & Molinari, 2020 ; Sangin, Molinari, Nüssli, & Dillenbourg, 2011). Les situations d'apprentissage collaboratif étudiées sont principalement des situations de laboratoire, et la méthode expérimentale est utilisée pour étudier l'effet des conditions et des processus de collaboration sur ces différentes mesures individuelles.

Les modèles cognitifs décrivent l'apprentissage collaboratif comme un processus social associé à deux cycles de traitement de l'information : un cycle individuel de compréhension et d'acquisition de connaissances, et un cycle social de construction de connaissances (Molinari, 2017 ; Stahl, 2000). Ces modèles proposent ainsi d'étudier les relations entre l'apprentissage individuel et la coconstruction de connaissances ; c'est notamment l'objectif du modèle cognitif-systémique de Cress et Kimmerle (2017). Ce dernier décrit les systèmes cognitif et social comme des entités autonomes (*auto-poïétiques*) : le système cognitif est ainsi un environnement externe pour le système social, et réciproquement. Les deux systèmes peuvent toutefois s'influencer, et par là même coévoluer.

Pour les approches cognitives, l'apprentissage individuel et la construction sociale de connaissances forment donc les « deux faces d'une même pièce » (Cress & Kimmerle, 2017, p. 129), ce qui sous-entend la nécessité de les étudier de façon simultanée, en d'autres termes d'intégrer les différents niveaux d'analyse que sont l'individu et le groupe.

Depuis les années 1970, la recherche sur l'apprentissage collaboratif dans une approche socioculturelle s'est développée dans différentes directions. Les travaux sur le rôle des interactions sociales, inspirés par la critique de la théorie piagétienne, d'une part, et par la lecture d'auteurs tels que Vygotski, Mead et Bakhtine, d'autre part, ont ouvert la voie pour des études qui appréhendent les processus intrapsychiques tels que les émotions ou la conceptualisation, non pas uniquement « dans » l'individu, mais comme des processus interactifs (Vygotski, 1934/1985). Malgré sa diversité interne (elle fait référence à des perspectives différentes notamment en philosophie, en psychologie sociale et du développement, en anthropologie ou en sociologie), cette approche repose sur plusieurs postulats.

Les chercheurs partagent l'idée selon laquelle la pensée est une forme particulière de *pratiques* qui s'actualise de manières différentes selon les contextes. Penser implique de *faire usage du monde* (Moro, Schneuwly & Brossard, 1997), un monde intrinsèquement historique, social, culturel, où d'autres personnes interagissent et où sont mises à disposition et mobilisées des ressources symboliques et matérielles (Engeström & Sannino, 2020). Le

monde n'est pas accessible directement mais de façon indirecte – médiatisée – au travers de systèmes de signes et d'outils dont l'usage est approprié au sein des interactions avec des autrui plus experts ou des pairs. Cette conception à trois pôles a des implications méthodologiques : l'unité d'observation choisie n'est pas l'individu seul, mais la personne interagissant avec un autrui via des outils de médiation autour d'un objet de savoir, ce triangle dynamique étant lui-même situé dans un contexte institutionnel et culturel qui contribue à lui donner en quelque sorte forme et sens.

Cette conception « située » des apprentissages mène à saisir l'apprentissage non pas comme l'acquisition de savoirs spécifiques mais plutôt comme des ensembles de pratiques qui sont considérées comme appropriées dans un espace socioculturel particulier, où se négocient des représentations et ce que Goffman (1991) appelle des définitions de la situation.

Dans cette approche, la place du langage est centrale. Pour Vygotski, il s'agit du principal instrument de la culture. Celui-ci est « biface », c'est-à-dire qu'il est à la fois outil de communication et outil de transformation des processus de pensée (Vygotski, 1934/85). En tant qu'outil de communication, le langage est analysé par les chercheurs comme le lieu où la signification des mots et des objets est le résultat d'un effort de négociation entre les interlocuteurs (Linell, 2009). La signification n'est que partiellement partagée, et la communication est marquée par des processus de construction d'une intersubjectivité, constituant l'effort d'élaborer une définition partagée de la situation (Filliettaz & Schubauer-Leoni, 2008 ; Grossen, 2009 ; Moro, Muller Mirza, & Roman, 2014).

Les méthodes d'analyse utilisées cherchent à rendre compte des processus, mouvements de la pensée et dynamiques de transformation, dans des situations soit « écologiques » – en contextes scolaires, de formation ou au travail – soit quasi expérimentales (Tartas, Baucal, & Perret-Clermont, 2010).

L'approche socioculturelle cherche à rendre compte de trois niveaux d'analyse interdépendants :

a) *(intra)psychique* (les processus de transformation qui marquent le passage des formes de régulations sociales à une autorégulation) ;

b) *interpersonnel* (e.g., les processus de guidage de l'expert ou ceux associés à une interaction marquée par un conflit sociocognitif) ;

c) *institutionnel et culturel* (chaque situation d'enseignement-apprentissage s'inscrit dans un contexte cadré par des règles, des codes plus ou moins implicites, construits historiquement par et dans une institution et/ou un groupe social plus large).

Le rôle des interactions sociales et des dialogues

Les modèles cognitifs de l'apprentissage collaboratif font l'hypothèse que « le traitement de l'information est partiellement externalisé via l'interaction sociale » (Jorczack, 2011, p. 214). C'est à travers l'interaction que l'apprenant communique ses connaissances et représentations mentales à ses partenaires, lesquels vont les traiter en parallèle en s'appuyant sur leurs propres connaissances et représentations. Le langage est donc décrit comme ce qui permet le couplage structurel entre le système cognitif et le système social, et c'est via l'externalisation par le langage que ces deux systèmes peuvent coévoluer (Cress & Kimmerle, 2017).

Par exemple, lorsque les connaissances externalisées par le système cognitif sont totalement nouvelles ou entrent en contradiction avec celles du système social, une tension entre les systèmes émerge pouvant induire un conflit conceptuel (Mugny, Doise, & Perret-Clermont, 1975–1976) qui, s'il est résolu, contribue à leur développement réciproque.

On suppose toutefois dans ces modèles que les externalisations d'un système n'entraînent pas systématiquement la modification de l'autre système. Le groupe peut rejeter une contribution individuelle s'il considère que cette dernière n'est pas pertinente au regard de ses attentes, ou ignorer cette idée si elle s'avère incompatible avec celles déjà communément admises.

De la même manière, et en l'occurrence pour des raisons de capacité limitée de traitement, l'apprenant ne va pas traiter et internaliser (c'est-à-dire intégrer en mémoire) toutes les connaissances individuelles que ses partenaires ont externalisées ou encore toutes les connaissances qui ont été coconstruites par le groupe.

Les modèles cognitifs ne se centrent pas uniquement sur les processus individuels d'externalisation et d'internalisation. Ils s'intéressent également aux processus de groupe qui transforment les informations exprimées, et qui sont utilisés pour influencer les membres du groupe et atteindre les objectifs de la tâche. Les recherches cognitives se sont ainsi attachées à rendre compte des processus sociocognitifs qui sont bénéfiques à l'apprentissage (Dillenbourg, Järvelä, & Fischer, 2009). Parmi ces processus sont inclus les processus associés à la *communication*, tels que le maintien d'une compréhension mutuelle et la gestion du dialogue, des processus de *traitement conjoint de l'information*, tels que la mise en commun et la recherche d'un consensus, et des processus de *coordination* tels que la division de la tâche, la gestion du temps et la coordination technique (Meier, Spada & Rummel, 2007). La *transactivité*, qui est le processus par lequel les apprenants vont construire sur le raisonnement et les contributions de leurs partenaires, est également reconnue comme déterminante dans l'apprentissage collabora-

tif (Molinari, Sangin, Dillenbourg, & Nüssli, 2009 ; Weinberger, Stegmann, & Fischer, 2007).

Parmi les modèles cognitifs, le modèle de traitement collaboratif de l'information (Jorczack, 2011) s'intéresse à la temporalité des processus sociocognitifs au cours d'une tâche d'apprentissage. Il fait l'hypothèse qu'un apprentissage collaboratif efficace nécessite la mise en œuvre de trois phases successives : externalisation, divergence, convergence. Dans la première, chaque membre du groupe externalise les connaissances qu'il possède et qu'il juge pertinentes pour réaliser la tâche. La deuxième est une phase de coélaboration au cours de laquelle l'information est diversifiée à partir des connaissances de chaque apprenant. Les informations externalisées divergent du fait des différences en termes de connaissances et d'habiletés cognitives entre les apprenants, et cette divergence fait émerger un conflit sociocognitif. La phase de convergence consiste en la régulation du conflit et la résolution de la tâche. Les informations externalisées sont réduites à ce qui est mutuellement accepté, et ce par le biais de processus comme la clarification, l'argumentation et la négociation.

Ces processus ont comme résultat une convergence cognitive, c'est-à-dire une augmentation de la similarité entre les représentations cognitives individuelles et, par là même, du nombre de connaissances communes entre les apprenants du groupe (Jeong & Chi, 2007). Le modèle de Jorczack souligne l'importance de la divergence et du conflit cognitif pour l'apprentissage : « une convergence rapide sans divergence préalable suffisante n'aboutira pas à un apprentissage de groupe, car les membres du groupe n'ont pas vécu suffisamment de conflits pour modifier leurs représentations stockées en mémoire » (Jorczak, 2011, pp. 215–216)¹.

Les recherches montrent combien il est difficile pour les groupes de s'engager dans des processus sociocognitifs de haut niveau (Borge, Ong, & Rosé, 2018), et leur objectif est d'identifier les conditions qui favorisent l'émergence d'interactions productives. Parmi ces conditions, on peut noter des interventions technopédagogiques comme les scripts ou les outils d'*awareness* (voir la section suivante). On fait l'hypothèse qu'elles vont agir de façon bénéfique sur les représentations et les processus collaboratifs. Une approche expérimentale est classiquement utilisée pour déterminer l'influence de ces interventions. Dans cette approche, les données verbales sont collectées, transcrites puis codées et enfin quantifiées pour faire l'objet d'une analyse statistique dont le but est de comparer les conditions étudiées selon le nombre et le type de processus collaboratifs qu'elles génèrent.

Au sein des approches socioculturelles, les interactions sociales sont considérées comme constitutives des processus de pensée. Historiquement,

1. « *rapid convergence without sufficient preceding divergence will not result in group learning because group members have not experienced sufficient conflict to change their stored representations* ».

on peut observer qu'après avoir examiné la façon dont opérait le conflit sociocognitif dans le développement psychologique des enfants (Perret-Clermont & Nicolet, 2001), la recherche s'est distanciée d'une conception factuelle de l'interaction sociale (Grossen, 2009). Les travaux ont alors davantage porté sur la dynamique interactive se déployant entre les différents interlocuteurs d'une situation pour montrer comment les « réponses » des enfants sont de fait le résultat d'une coconstruction, où chacun (enfants et adultes) cherche à donner un sens à la situation, en convoquant parfois des sphères d'expériences qui se situent en dehors du contexte d'interlocution, et où les malentendus et dissensions font partie de la communication.

Certains travaux sur l'argumentation peuvent ici être cités. Faisant référence aux hypothèses de Piaget et de Vygotski sur l'importance de la confrontation des points de vue, les modalités d'interactions argumentatives sont considérées comme une activité de raisonnement particulièrement favorable à l'apprentissage. Les recherches sur le conflit sociocognitif avaient en effet montré que le raisonnement ne s'enrichit pas seulement grâce à la perspective qui le contredit (que ce soit avec un expert ou entre pairs), mais qu'il est profondément transformé au cours de la dynamique interactive qui s'établit (Muller Mirza & Buty, 2015).

Dans une perspective socioculturelle, l'argumentation n'est pas définie autour de « compétences » qui seraient distinctes de leur contexte de production. L'argumentation est conçue comme une activité sociale, pragmatique et dialogique s'inscrivant dans des pratiques collectives situées. Certains travaux montrent par exemple que malgré un cadrage sophistiqué de l'activité pédagogique, les élèves qui participent à des débats visant l'apprentissage de savoirs spécifiques (en mathématiques ou en histoire par exemple) s'impliquent dans des processus de compétition (Muller Mirza, 2017), font appel à des représentations « culturelles » de l'objet d'étude (López Facal, Pilar Jiménez-Aleixandre, & Arcidiacono, 2015) ou hésitent à entrer dans un véritable échange euristique en préférant la juxtaposition de points de vue ou des accords de façade. Ce constat amène les chercheurs, d'une part, à considérer les conditions à mettre en œuvre pour soutenir les processus psychosociaux sous-jacents à l'argumentation (Schwarz & Baker, 2016) et, d'autre part, à mieux comprendre les processus interprétatifs et de raisonnement mis en œuvre en situation (Perret-Clermont, *et al.*, 2019).

Dans une perspective vygotkienne, Mercer (2004) et ses collègues ont montré que le type de discours que les auteurs nomment « exploratoire » (*exploratory talk*) peut être bénéfique au développement et à l'apprentissage. Ce type d'interaction, ou plutôt de langage collectif qui permet « l'interpensée » (*interthinking*), se caractérise par le fait que les partenaires n'acceptent pas immédiatement une proposition mais cherchent à la justifier et à examiner sa validité. Les désaccords sont exprimés, étayés et insérés dans

un cadre collaboratif visant la résolution de la tâche, dans une perspective euristique et non agonistique.

Ces recherches sur les dialogues soutenant le développement du raisonnement et une meilleure compréhension de phénomènes complexes (par exemple, en science ou en histoire) ont permis de montrer le rôle important que jouent les enseignants dans la manière de construire les situations d'apprentissage notamment en proposant des questions ou situations-problèmes ouvertes plutôt que fermées. Plus généralement, cela amène aussi à prendre en considération et à s'interroger sur la « culture » de la classe (les élèves collaborent-ils fréquemment ou très rarement ? Seulement dans certaines matières ou de façon plus transversale ?) afin de mieux comprendre comment les apprentissages se déploient et comment les interactions leur donnent forme (Kumpulainen & Rajala, 2017).

Se distinguant d'une perspective centrée uniquement sur les dynamiques interactionnelles, des travaux cherchent à rendre compte du tissage interprétatif complexe que les interlocuteurs réalisent en situation entre des éléments relatifs à la situation présente (« dialogues présents ») et des éléments qui relèvent d'autres situations, d'autres contextes et des temps historiques différents (« dialogues distants »). Un objet étudié à l'école est en effet également un objet dont parlent les médias, se trouve discuté dans des situations familiales ou sociales, et les différents sens qui y sont construits peuvent être convoqués en classe. Le fait que les élèves et les enseignants mettent en lien, de manière plus ou moins voulue et explicite, des objets de connaissance discutés en classe et des situations quotidiennes peut être un support à l'élaboration de la pensée, mais cela peut aussi constituer un obstacle à la transformation des processus psychologiques (Grossen & Muller Mirza, 2019a).

Le rôle des environnements et artéfacts numériques

Dans les recherches sur l'apprentissage collaboratif médiatisé par ordinateur (*Computer-Supported Collaborative Learning*) qui s'inscrivent dans des approches cognitives, les technologies numériques sont souvent conçues dans le but d'agir sur les représentations mentales que les apprenants mobilisent pour collaborer et apprendre. C'est le cas des scripts collaboratifs (Fischer, Kollar, Stegmann, & Wecker, 2013) et des outils d'*awareness* (Bodemer, Janssen, & Schnaubert, 2018).

Les scripts collaboratifs ont pour visée de pallier l'absence ou la défaillance de scripts mentaux sur la collaboration et sa pratique, et ainsi de contribuer à l'acquisition de compétences de collaboration. La notion de script a été introduite en psychologie cognitive par Schank et Abelson, 1977, cités par

Richard, 1990), et renvoie à la représentation mentale d'évènements particuliers (l'exemple célèbre du script 'restaurant', voir la figure 1 de l'article de Chen, 2005) consistant en une séquence ordonnée d'actions appropriées dans des contextes spatiotemporels spécifiques. Un script collaboratif est un outil de structuration externe (*scaffold*) qui fournit aux apprenants le scénario de leur collaboration avec des informations de différents niveaux sur l'activité qu'ils ont à réaliser et son objectif, sur les différentes parties de cette activité, la séquence des actions pour chacune de ces parties et les rôles qui leur seront attribués (Fischer, *et al.*, 2013). Associé à une activité comme débattre pour apprendre, un script aura pour rôle d'inciter les apprenants à activer et appliquer les connaissances qu'ils possèdent sur la façon de mener un débat, et de les guider pas à pas dans la construction de séquences argumentatives (Lund, Molinari, Séjourné, & Baker, 2007).

Les outils d'*awareness* sont des outils métacognitifs dont le but est de soutenir l'autorégulation et la régulation partagée de la collaboration (Hadwin, Järvelä, & Miller, 2017). Ces technologies numériques collectent des données sur l'activité pour en produire des visualisations accessibles aux apprenants à tout moment au cours de l'interaction. Le type de feedback qu'elles fournissent permet de faire la distinction entre différents outils d'*awareness*. Les apprenants peuvent recevoir des informations sur les états internes de leurs partenaires comme leurs connaissances (Sangin, *et al.*, 2011) ou leurs émotions (Molinari, Chanel, Bétrancourt, Pun, & Bozelle, 2013). Ces informations visent à faciliter la construction et la mise à jour d'un modèle mental du partenaire ; ce modèle jouerait un rôle crucial dans la collaboration (Dillenbourg, Lemaignan, Sangin, Nova, & Molinari, 2016 ; Molinari, Sangin, Dillenbourg, & Nüssli, 2009). Un outil d'*awareness* peut également avoir pour objectif d'agir sur la représentation que les membres du groupe ont de leur collaboration en cours et par là même favoriser la coordination, par exemple en leur proposant des informations sur leur degré de participation (e.g., le nombre de mots qu'ils produisent chacun dans un wiki) ou leur comportement interpersonnel (e.g., l'évaluation que leurs partenaires font d'eux sur des aspects sociaux comme la convivialité ou la coopération) (Phielix, Prins, Kirschner, Erkens, & Jaspers, 2011). Les informations d'*awareness* collectées pendant la collaboration peuvent également être utilisées dans le cadre d'activités réflexives, e.g., pour produire un bilan sur le travail de groupe (Lavoué, Molinari, Prié, & Khezami, 2015).

Dans le domaine des approches socioculturelles, un large champ de recherche s'est développé autour des technologies numériques qui permettent de soutenir les interactions sociales, la collaboration, l'argumentation pour apprendre. Ces travaux montrent non seulement que les outils technologiques peuvent constituer des instruments psychologiques (au sens vygotkien) dont les fonctions peuvent soutenir la construction des apprentissages, mais aussi que, comme pour tout objet, leur signification n'est pas donnée en soi. L'introduction d'un nouvel outil a des incidences sur

l'ensemble de l'activité pédagogique. Les aspects techniques (compréhension du fonctionnement, ressources institutionnelles, modalités d'usage et de détournement, etc.) sont à considérer dans un système qui dépasse la seule interaction entre apprenants.

Dans une revue systématique de la littérature basée sur 72 articles publiés entre 2000 et 2016, Major, *et al.* (2018) montrent que l'approche socioculturelle est privilégiée lorsqu'il s'agit d'étudier les technologies visant à soutenir le dialogue ou la collaboration en classe. Les principales leçons tirées soutiennent que les technologies numériques, outre leurs spécificités propres, permettent de mieux dialoguer et apprendre car elles rendent visibles les perspectives des partenaires, rendent les idées d'autrui plus accessibles qu'au travers du discours oral et, ainsi, amènent à de meilleures articulations entre les idées, une évaluation collective facilitée, et peuvent conduire à retravailler les idées initialement proposées par l'apprenant. Ces technologies collaboratives fournissent à la fois des outils mais également un environnement propice à la création d'espaces dialogiques partagés. Ainsi, les idées peuvent être analysées, complétées, questionnées, etc. permettant alors aux élèves d'examiner les différences et les processus de construction du savoir qui les sous-tendent. La collaboration elle-même peut en être facilitée.

Certains travaux mettent également en évidence l'importance de la guidance représentationnelle pour l'apprentissage collaboratif médiatisé par l'ordinateur (Andriessen, Baker & Suthers, 2003). Par exemple, le logiciel Digalo, développé dans le cadre des projets européens DUNES et ESCALATE (Schwarz & De Groot, 2007), vise à faciliter l'argumentation pour apprendre : la discussion entre les apprenants prend la forme d'une « carte argumentative », qui permet de visualiser certains aspects formels et temporels de l'échange (qui dit quoi à qui, en soutien ou en opposition, etc. ; Muller Mirza, Tartas, Perret-Clermont, & de Pietro, 2007 ; Tartas, 2019 ; Tartas & Simonneaux, 2015). Ces cartes argumentatives sont très différemment utilisées en fonction du niveau scolaire, de la matière enseignée, de la familiarité de l'enseignant et des élèves avec les nouvelles technologies. Dans certaines conditions, elles deviennent des ressources dans le processus d'apprentissage en permettant d'extraire ce qui est pertinent et ce qui l'est moins (Tartas, 2016). Le travail préparatoire proposé par les enseignants et la façon dont le savoir se prête à ce type d'activité collaborative médiatisée par l'ordinateur jouent un rôle important (Muller Mirza & Perret-Clermont, 2008).

De nombreuses études, dans la lignée des travaux sur l'étayage ou la notion de tutelle (ou *scaffolding* ; Wood, Bruner, & Ross, 1976), examinent le rôle joué par l'enseignant dans des situations médiatisées par ordinateur. Asterhan, Schwarz, et Gil (2012) par exemple ont mis en évidence deux types de guidage de l'enseignant dans ce type de contexte : un guidage épistémique et un guidage interactionnel. Chacun de ces guidages joue un rôle

dans le développement soit d'une argumentation plus approfondie et justifiée lorsque l'enseignant soutient la nature épistémique de l'argumentation (mais il a peu d'effet sur la dimension interactionnelle de l'argumentation) et, inversement, quand l'enseignant soutient les dimensions interactionnelles de l'argumentation, celle-ci a tendance à s'enrichir dans les discussions argumentées des élèves sans effet sur les aspects logiques.

Il a été montré que l'usage des technologies sémiotiques (type cartographie des controverses) transforme l'activité d'apprentissage elle-même en fournissant des systèmes de visualisation de la complexité. Solli, Hillman, & Mäkitalo (2019) observent par exemple que lors d'un travail au lycée sur des controverses socioscientifiques, les outils modifient en profondeur la situation d'enseignement-apprentissage et permettent aux élèves non seulement de mieux comprendre les perspectives des acteurs de terrain, mais aussi de développer des outils pour devenir des citoyens acteurs dans le monde numérique dans lequel ils évoluent.

L'introduction des outils technologiques dans la classe a conduit les auteurs des approches socioculturelles à s'interroger également sur la démarche même de conception des dispositifs dialogiques numériques. On a montré par exemple que les interactions entre chercheurs et ingénieurs pour concevoir et mettre en œuvre le logiciel Digalo sont passées elles-mêmes par des étapes (tensions, conflits sociocognitifs, construction d'une intersubjectivité) que l'on retrouve chez les apprenants pour qualifier l'apprentissage collaboratif (Tartas & Muller Mirza, 2007).

Le rôle de l'outil de médiation peut ainsi difficilement être réduit aux caractéristiques technologiques de l'outil ou aux caractéristiques cognitives de leurs usagers : les travaux réalisés dans une approche socioculturelle montrent une interrelation complexe des apprenants, des artéfacts et du contexte matériel, sémiotique et social d'apprentissage qui forment dès lors un système dynamique.

Les dimensions affectives et le rôle des émotions

En psychologie cognitive de l'éducation, l'un des défis actuels est de passer d'une approche strictement cognitive à une approche où les dimensions cognitives et affectives de l'apprentissage sont considérées comme interdépendantes. Ainsi, des travaux étudient l'apprentissage comme une expérience chargée d'émotions ; ils ont pour objectifs de mieux comprendre non seulement la dynamique des états émotionnels (D'Mello & Graesser, 2012) mais également leurs relations avec les processus cognitifs et métacognitifs impliqués (Pekrun, 2006).

Dans le domaine de l'apprentissage collaboratif, la recherche cognitive sur le rôle des émotions et la façon dont elles influencent les processus colla-

boratifs (et réciproquement) demande encore à être développée (Reis, *et al.*, 2018). Les chercheurs s'accordent à définir la collaboration comme un espace à double problème (*dual-problem space* ; Barron, 2003) où les apprenants doivent s'engager mutuellement à construire une représentation partagée du problème à résoudre (espace *cognitif*) et à gérer leurs relations interpersonnelles de sorte à maintenir un climat de travail positif et engageant (espace *relationnel*). Une telle définition laisse entrevoir l'importance des émotions et de leur gestion au cours de l'interaction, et appelle au développement d'un modèle *cognitif-émotionnel* de l'apprentissage collaboratif.

Une première esquisse de ce modèle s'appuie sur des travaux récents qui étudient les relations entre les processus cognitifs, émotionnels et collaboratifs (Avry, *et al.*, 2020). Un tel modèle décrit les émotions comme résultant d'un processus individuel d'évaluation cognitive de la situation de collaboration sur la base de critères comme l'importance accordée à des éléments ou des événements de la situation ou encore le contrôle perçu. Ce modèle envisage également l'expérience d'apprentissage collaboratif comme « un jeu de tension-relaxation » (Andriessen, Baker, & van der Puil, 2011, p. 223) au sein de chaque espace – cognitif et relationnel – de la collaboration, et son objectif est de rendre compte de la façon dont les émotions interviennent dans ces différents moments de tension et de relaxation. Les tensions peuvent ainsi émerger de la tâche ou de la relation elle-même.

Dans l'espace relationnel, les tensions se produisent lorsque les apprenants perçoivent les idées de leurs partenaires comme susceptibles de menacer leurs compétences et lorsqu'ils s'engagent dans des stratégies compétitives ou défensives comme ignorer ou rejeter les propositions des autres (Barron, 2003). Ce type d'interactions peut provoquer des émotions négatives comme la frustration et la colère, et avoir des effets délétères sur la performance du groupe (Linnenbrink-Garcia, Rogat, & Koskey, 2011). Des comportements positifs comme faire preuve de solidarité, exprimer de la satisfaction, plaisanter et rire peuvent rompre le cycle des interactions négatives, et déclencher des émotions positives comme le soulagement et la joie.

Dans l'espace cognitif, les tensions se produisent en cas de divergence de points de vue et de conflit conceptuel. Cet état de déséquilibre cognitif peut s'accompagner d'émotions comme la confusion, une émotion négative pouvant avoir un impact positif sur l'apprentissage (D'Mello, Lehman, Pekrun, & Graesser, 2014). Ces tensions diminuent lorsque les apprenants convergent vers un consensus, ou au contraire persistent lorsqu'ils ne parviennent pas à réguler le conflit, ce qui peut générer des émotions négatives comme la frustration et l'ennui. Pour les apprenants, le défi consiste alors à mobiliser des processus de régulation pour rétablir un équilibre cognitif et émotionnel au sein de leur groupe.

Plusieurs recherches restent à mener dans l'objectif d'élaborer et d'affiner le modèle *cognitif-émotionnel* de l'apprentissage collaboratif. Il s'agit

en l'occurrence de mieux comprendre les différents types d'émotions impliquées, leurs antécédents, leur dynamique et leurs relations avec les processus sociocognitifs et relationnels, ou encore leur influence respective sur l'apprentissage en situation de collaboration. Une autre perspective est d'étudier la façon dont les apprenants prennent conscience, partagent et régulent leurs émotions lorsqu'ils travaillent ensemble pour apprendre. Les résultats actuels, notamment ceux du projet EATMINT (Molinari, *et al.*, 2013) montrent l'importance de considérer les émotions et plus généralement la dimension affective lorsqu'il s'agit de concevoir des environnements numériques dédiés à l'apprentissage collaboratif.

En ouvrant la boîte noire des interactions sociales et en mettant l'accent sur l'importance de la prise en compte de l'autre, l'approche socioculturelle accorde un rôle central aux émotions dans l'apprentissage. Celles-ci ne sont pas considérées comme des variables, mais articulées aux processus de pensée et envisagées dans leur potentialité de transformation. Le champ de recherche est encore relativement nouveau mais, de manière générale, les chercheurs insistent sur la nécessité de mieux comprendre les rapports complexes entre émotion et pensée, et la dimension développementale et transformationnelle des émotions.

Même si les émotions continuent d'être souvent la face cachée du triangle didactique, elles interviennent à plusieurs endroits : elles sont au cœur de la communication entre les interlocuteurs (la prise en compte des conduites non verbales [prosodie, gestes, etc.] montre par exemple leur présence en interactions), entre enseignant et élèves, mais aussi au sein des groupes de pairs qui travaillent ensemble ou cherchent à résoudre un problème. Lors de l'exploration collective d'un objet controversé, on observe l'importance de savoir gérer les tensions et les désaccords pour apprendre, plutôt que de rester sur ses positions.

Les savoirs scolaires peuvent être objets d'émotions. Certains sont considérés comme trop « chauds » (un événement historique constitutif de sentiments d'appartenance forts ou une actualité qui suscite des débats sociétaux), et donc à « refroidir » pour faciliter l'apprentissage. En histoire, par exemple, les travaux de Goldberg et Schwarz (2016) ont montré que les émotions pouvaient faciliter les apprentissages, notamment du fait qu'elles permettent de comprendre la notion de « perspectives », tant celles des acteurs impliqués dans un événement que celles inhérentes aux sources mobilisées pour décrire ou donner à voir l'événement. À certaines conditions, les émotions peuvent ainsi être mobilisées comme de véritables ressources pour l'apprentissage collaboratif. En sciences, ce sont les travaux autour des questions socialement vives qui ont permis de montrer que les émotions participent aux raisonnements complexes sur des sujets controversés (Legardez & Simmoneaux, 2006).

Des travaux en éducation mettent l'accent sur l'importance d'analyser les discussions entre élèves et entre élèves et enseignants pour éclairer la façon dont les enfants s'investissent cognitivement et émotionnellement dans la tâche, maintiennent leur engagement au cours de l'activité, elle-même changeante, et s'appuient sur ces ressentis. Dans leur étude sur des activités pédagogiques portant sur les expériences personnelles de « l'altérité », Grossen et Muller Mirza (2019a) analysent les processus de « secondarisation » des émotions, c'est-à-dire les conditions de transformation du rapport que la personne peut avoir à l'égard de l'objet d'apprentissage et de sa propre expérience. L'enseignant joue un rôle central dans ces mouvements discursifs qui vont de l'unicité à la généralité, du particulier au collectif, pour construire de nouvelles connaissances. Toutefois, ces mouvements sont délicats : certains aspects de la vie personnelle des élèves sont rendus publics et les mettent ainsi dans des situations difficiles.

Approches cognitives et socioculturelles de l'apprentissage collaboratif : quels apports pour l'éducation ?

Ce bref aperçu de recherches sur l'apprentissage collaboratif adoptant soit une approche cognitive soit une approche socioculturelle met en lumière certains apports pour l'éducation que nous nous proposons de synthétiser ici en reprenant les trois entrées examinées, les interactions sociales, les environnements numériques et les émotions.

Les chercheurs qui s'associent à une approche cognitive s'attachent à rendre compte des relations entre l'apprentissage individuel et la construction sociale des connaissances, et de l'effet du type d'interactions sociales sur le gain d'apprentissage. L'effet bénéfique de certains processus collaboratifs ont été mis en évidence, c'est notamment le cas pour la *transactivité*, un mode social de coconstruction qui regroupe les processus par lesquels les apprenants partagent leurs connaissances et construisent à partir ou « sur » les contributions de leurs partenaires, par exemple en les complétant par de nouvelles idées ou en les associant à des idées alternatives en cas de désaccord. Les recherches récentes montrent également que l'apprentissage collaboratif procède en différentes phases, d'externalisation initiale des connaissances, de divergence des idées et de convergence. Les apprenants ont tendance à chercher trop vite un consensus, et se mettent généralement d'accord de façon prématurée sans se laisser l'occasion d'explorer toutes les solutions possibles. Pourtant, les résultats montrent que la phase de divergence cognitive joue un rôle déterminant dans l'apprentissage, ce qui conduit les chercheurs à préconiser la mise en place d'interventions et d'activités

pédagogiques pour encourager sa mise en œuvre et inciter les apprenants à s'engager dans des modes transactifs de collaboration.

Les travaux associés aux approches socioculturelles ont également permis de montrer différentes formes ou types de dialogues collaboratifs dits productifs. Ils ont montré que ces dialogues soutiennent l'apprentissage, invitent les élèves non seulement à questionner leurs partenaires mais également à questionner leurs propres connaissances et les cheminements par lesquels ils y sont arrivés, et que les enseignants jouent un rôle important en guidant vers de nouvelles pratiques discursives. Il semble donc qu'extérioriser sa pensée en la rendant accessible au cours d'un dialogue avec d'autres (pairs et/ou élève-enseignant) permet une meilleure appropriation des contenus ainsi verbalisés et de différents genres scolaires.

Les transformations s'observent sur différents plans : individuel, interindividuel, et de la dynamique de classe (les élèves prenant en charge l'activité, l'enseignant ayant plus un rôle de metteur en scène ou d'architecte des espaces collaboratifs) ; la culture même de la classe s'en trouve transformée. Plutôt que de supposer que l'élève seul est l'unité d'analyse, l'approche socioculturelle est fondée sur une analyse qui intègre plusieurs perspectives inscrites dans une communauté de pratiques.

En introduisant des médiations technologiques dans des situations d'apprentissage collaboratif, les chercheurs adoptant une approche cognitive ont pour objectif d'agir sur les représentations mentales des apprenants avant ou au cours de leur collaboration. Dans le domaine de l'apprentissage collaboratif médiatisé par ordinateur, des recherches expérimentales en situation de laboratoire ont montré l'effet bénéfique de deux types de médiation – les scripts collaboratifs et les outils d'*awareness* de groupe – sur la qualité de la collaboration et l'apprentissage. Les scripts structurent à différents niveaux l'activité collaborative, et sont conçus pour activer (inhiber) des modèles mentaux appropriés (inappropriés) de la situation de collaboration. Les outils d'*awareness* soutiennent la régulation de l'activité collaborative en apportant aux apprenants en temps réel ou en différé différents types de feedback sur leurs partenaires (e.g., leurs connaissances, leurs émotions) et sur l'état de leur collaboration (e.g., l'asymétrie de participation, le climat relationnel). Les recherches actuelles s'orientent vers l'intégration de ces deux types de médiation dans l'objectif d'identifier les combinaisons technopédagogiques qui favoriseront l'apprentissage.

Les recherches adoptant une approche socioculturelle contribuent à mieux comprendre comment les outils conçus pour soutenir le raisonnement ou l'argumentation sont utilisés, interprétés et insérés dans des activités qui sont en retour transformées. Au moyen de cartographies numériques par exemple, non seulement le travail collaboratif peut être amélioré mais les apprenants sont amenés à mieux comprendre les multiples perspectives

inhérentes aux débats socioscientifiques et, ainsi, à certains enjeux de société.

Concernant la dimension affective et, plus particulièrement, le rôle des émotions dans l'apprentissage collaboratif, les recherches adoptant une approche cognitive sont récentes, et étudient les relations entre les émotions, les processus collaboratifs et l'apprentissage. Les résultats montrent que les apprenants font l'expérience d'une large variété d'émotions lorsqu'ils collaborent et peuvent, par exemple, ressentir à la fois du plaisir à travailler ensemble et de la frustration à ne pas réussir à résoudre la tâche. La façon dont les apprenants évaluent la qualité de leur collaboration est également influencée par l'état émotionnel dans lequel ils se trouvent ainsi que par les émotions de leurs partenaires. Par exemple, le fait qu'ils perçoivent de la gratitude chez leurs partenaires, notamment dans des moments de difficulté au cours de la tâche, pourrait avoir comme effets bénéfiques de maintenir leur motivation et de les orienter vers des buts de maîtrise (Avry, *et al.*, 2020). Enfin, les recherches soulignent l'intérêt d'encourager les apprenants à partager leurs émotions au cours de l'interaction, notamment pour favoriser la régulation.

Dans une perspective socioculturelle, la recherche ne considère pas les émotions en tant que phénomènes définis à priori et singuliers mais plutôt dans leur dynamique de transformation et de « migration ». Elles sont importantes à prendre en compte dans les interactions puisqu'elles sous-tendent la régulation des conflits interpersonnels qui peuvent engendrer des tensions (peur de perdre la face, de ne pas savoir, compétition...). Elles sont présentes dans la façon dont les objets de savoir sont appréhendés – par les individus mais aussi plus largement au sein de la société – en ouvrant sur des débats qui peuvent alors être considérés comme trop « chauds ». Elles constituent également l'histoire relationnelle qu'enseignants et apprenants déploient avant, pendant et après la situation collaborative.

Conclusion – Entre rivalité et dialogue...

Chacune à leur manière, les approches cognitives et socioculturelles ont largement contribué à une meilleure compréhension des phénomènes constitutifs de l'apprentissage collaboratif. En cherchant à mettre en lumière ces apports réciproques, il était important à nos yeux, à la fois de ne pas chercher à minimiser les différences épistémologiques existant entre les approches mais aussi de faire le pari d'un dialogue possible. Nous considérons en effet que l'apprentissage est un ensemble de processus dont un seul éclairage théorique ne peut à lui seul rendre compte. Si la recherche est une entreprise réductionniste, il importe de ne pas s'arrêter à une définition trop limitée d'une activité humaine si complexe. En cela, les approches cognitivistes apportent une meilleure

compréhension des processus associés au traitement de l'information, et à la façon dont certains éléments considérés comme externes (groupes, interactions, outils technologiques) agissent sur les représentations considérées comme internes. Les approches socioculturelles insistent sur l'importance de resituer ces processus dans leur contexte, montrant les dynamiques d'interdépendance, et proposant dès lors une unité d'analyse différente : ce qui émerge n'est pas déterminé par un « input » (qu'il vienne d'un individu ou d'un groupe) à traiter, mais comme une ressource dont il s'agit de donner sens par la pensée et dans l'interaction avec d'autres (Säljö, 2009). Les uns cherchent à mettre en lumière certains processus qui seraient, d'une certaine manière, invariants en les observant dans des situations systématisées, alors que les autres montrent la façon dont ils s'inscrivent dans des activités et les formes différentes d'apprentissage dans lesquels les personnes s'engagent.

Chacune a ses limites. En ce qui concerne la perspective cognitive, ce serait de ne pas suffisamment prendre en compte les processus interprétatifs qui sont spécifiques à toute situation « vécue ». De son côté, en mettant l'accent sur les aspects collectifs et matériels de l'apprentissage, les approches socioculturelles sous-estiment probablement les processus internes tels que l'abstraction ou le changement conceptuel.

Ainsi, l'objectif de cet article n'est pas de proposer une nouvelle définition unifiée de l'apprentissage collaboratif mais plutôt de répondre à certaines questions vives dans ce domaine en choisissant différents éclairages issus des approches cognitives et socioculturelles.

Pour aller plus loin dans la réflexion, indiquons certaines pistes pour des recherches collaboratives qui pourraient se réaliser en partant d'un principe « complémentariste », impliquant donc l'étude d'un même objet à partir de perspectives différentes sans réduire l'une à l'autre au risque de faire disparaître l'objet d'étude (Devereux, 1980). En cherchant à mieux comprendre les processus psychologiques et psychosociaux associés à une situation d'apprentissage collaboratif en contexte éducatif réel, une équipe de chercheurs des deux approches pourrait

1. concevoir de manière itérative, en collaboration avec les enseignants, et observer de manière quasi expérimentale et comparative, une situation pédagogique médiatisée par un outil numérique soutenant l'argumentation, le partage et la gestion des émotions, notamment celles liées aux conflits sociocognitifs (sur la base des outils conçus dans les projets Dunes et EATMINT) ;
2. analyser les représentations mentales, les processus de traitement de l'information, de l'argumentation, et des processus de construction de sens, à différents niveaux (intra-, inter- et institutionnels), au moyen de différentes méthodes ;
3. en prenant en compte la dimension temporelle des processus collaboratifs. Des dialogues entre les deux approches pourraient ainsi s'avérer

fructueux, notamment autour des situations médiatisées par l'ordinateur.

Ce terrain de recherche semble propice au développement d'espaces dialogiques et ouvert à des perspectives d'apprentissage collectif pour les apprenants... et les chercheurs !

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Andriessen, J., Baker, M., & Suthers, D. (2003). *Arguing to learn : Confronting cognitions in computer-supported collaborative learning environments*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.
- Andriessen, J., Baker, M., & van der Puil, C. (2011). Socio-cognitive tension in collaborative working relations. In S. Ludvigsen, A. Lund, I. Rasmussen & R. Saljo (Éds.), *Learning across sites : New tools, infrastructures and practices* (pp. 222–242). Londres : Routledge.
- Asterhan, C.S.C, Schwarz, B.B., & Gil, J. (2012). Small-group, computer-mediated argumentation in middle-school classrooms : The effects of gender and different types of online teacher guidance. *British Journal of Educational Psychology*, 82, 375–397.
- Avry, S., Chanel, G., Bétrancourt, M., & Molinari, G. (2020). Achievement appraisals, emotions and socio-cognitive processes : How they interplay in collaborative problem-solving ? *Computers in Human Behavior*, 107, 106267.
- Barron, B. (2003). When smart groups fail. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(3), 307–359.
- Bodemer, D., Janssen, J., & Schnaubert, L. (2018). Group awareness tools for computer-supported collaborative learning. In F. Fischer, C.E. Hmelo-Silver, S.R. Goldman, & P. Reimann (Éds.), *International Handbook of the Learning Sciences* (pp. 351–358). New York : Routledge et Taylor & Francis.
- Borge, M., Ong, Y.S., & Rosé, C.P. (2018). Learning to monitor and regulate collective thinking processes. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 13(1), 61–92.
- Chen, X. (2005). Transforming temporal knowledge : Conceptual change between event concepts. *Perspectives on Science*, 13(1), 49–73.
- Cress, U., & Kimmerle, J. (2017). The interrelations of individual learning and collective knowledge construction : A cognitive-systemic framework. In S. Schwan & U. Cress (Éds.), *The Psychology of digital learning* (pp. 123–145). Cham, Suisse : Springer.
- Devereux, G. (1980). *De l'angoisse à la méthode dans les sciences du comportement*. Paris : Flammarion.
- D'Mello, S., & Graesser, A. (2012). Dynamics of affective states during complex learning. *Learning and Instruction*, 22(2), 145–157.
- D'Mello, S., Lehman, B., Pekrun, R., & Graesser, A. (2014). Confusion can be beneficial for learning. *Learning and Instruction*, 29, 153–170.

- Dillenbourg, P. (1999). What do you mean by collaborative learning ? In P. Dillenbourg (Éd.), *Collaborative learning : Cognitive and Computational Approaches* (pp. 1–19). Bingley, UK : Emerald.
- Dillenbourg, P., Järvelä, S., & Fischer, F. (2009). The evolution of research on computer-supported collaborative learning. In N. Balacheff, S. Ludvigsen, T. de Jong, A. Lazonder & S. Barnes (Éds.), *Technology-enhanced learning* (pp. 3–19). Dordrecht : Springer.
- Dillenbourg, P., Lemaignan, S., Sangin, M., Nova, N., & Molinari, G. (2016). The symmetry of partner modelling. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 11(2), 227–253.
- Engeström, Y., & Sannino, A. (2020). From mediated actions to heterogenous coalitions : Four generations of activity-theoretical studies of work and learning. *Mind, Culture, and Activity*, 28(1), 4–23.
- Phielix, C., Prins, F.J., Kirschner, P.A., Erkens, G., & Jaspers, J. (2011). Group awareness of social and cognitive performance in a CSCL environment : Effects of a peer feedback and reflection tool. *Computers in Human Behavior*, 27(3), 1087–1102.
- Filliettaz, L., & Schubauer-Leoni, M. (Éds.) (2008). *Processus interactionnels et situations éducatives* (Raisons éducatives n° 12). Bruxelles : De Boeck Supérieur.
- Fischer, F., Kollar, I., Stegmann, K., & Wecker, C. (2013). Toward a script theory of guidance in computer-supported collaborative learning. *Educational Psychologist*, 48(1), 56–66.
- Foulin, J.-N., & Mouchon, S. (2008). *Psychologie de l'éducation*. Paris : Nathan.
- Goffman, E. (1991). *Les cadres de l'expérience*. Paris : Éditions de Minuit.
- Goldberg, T., & Schwarz, B.B. (2016). Harnessing Emotions to Deliberative Argumentation in Classroom Discussions on Historical Issues in Multi-Cultural Contexts. *Frontline Learning Research*, 4(4), 7–19.
- Grossen, M. (2009). Les dialogues de l'apprentissage entre l'ici et l'ailleurs de l'interaction. In *Construction intrasubjective des connaissances et du sujet connaissant. Actes du troisième colloque « Constructivisme et éducation »* (pp. 377–392). Genève : Service de la recherche en éducation.
- Grossen, M., & Muller Mirza, N. (2019a). Talking about cultural diversity at school : Dialogical tensions and obstacles to secondarisation. *European Journal of Psychology of Education*, 35, 243–264. <https://doi.org/10.1007/s10212-019-00442-8>
- Grossen, M., & Muller Mirza, N. (2019b). Interactions and dialogue in education : Dialogical tensions as resources or obstacles. In N. Mercer, R. Wegerif & L. Major (Éds.), *Routledge international handbook of research on dialogic education* (pp. 597–609). Londres : Routledge.
- Hadwin, A., Järvelä, S., & Miller, M. (2017). Self-regulation, co-regulation, and shared regulation in collaborative learning environments. In D.H. Schunk & J.A. Greene (Éds.), *Educational psychology handbook series : Handbook of self-regulation of learning and performance* (pp. 83–106). Londres : Routledge et Taylor & Francis.

- Janssen, J., & Kirschner, P.A. (2020). Applying collaborative cognitive load theory to computer-supported collaborative learning : Towards a research agenda. *Educational Technology Research and Development*, 68, 783–805.
- Jeong, H., & Chi, M.T. (2007). Knowledge convergence and collaborative learning. *Instructional Science*, 35(4), 287–315.
- Jorczak, R.L. (2011). An information processing perspective on divergence and convergence in collaborative learning. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 6(2), 207–221.
- Kumpulainen, K., & Rajala, A. (2017). Dialogic teaching and students' discursive identity negotiation in the learning of science. *Learning and Instruction*, 48, 23–31. <http://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.05.002>
- Lavoué, É., Molinari, G., Prié, Y., & Khezami, S. (2015). Reflection-in-action markers for reflection-on-action in Computer-Supported Collaborative Learning settings. *Computers & Education*, 88, 129–142.
- Legardez, A., & Simonneaux, L. (2006). *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*. Éditions ESF.
- Linell, P. (2009). *Essentials of dialogism. Aspects and elements of a dialogical approach to language, communication and cognition*. Linköping : Linköping University, Department of Communication Studies.
- Linnenbrink-Garcia, L., Rogat, T.K., & Koskey, K.L.K. (2011). Affect and engagement during small group instruction. *Contemporary Educational Psychology*, 36(1), 13–24.
- López Facal, R., Pilar Jiménez-Aleixandre, M., & Arcidiacono, F. (2015). Le territoire comme composante de l'identification nationale dans l'argumentation des élèves du secondaire. In N. Muller Mirza & C. Buty (Éds.), *L'argumentation dans les contextes de l'éducation* (pp. 323–354). Berne : Peter Lang.
- Lund, K., Molinari, G., Séjourné, A., & Baker, M. (2007). How do argumentation diagrams compare when student pairs use them as a means for debate or as a tool for representing debate ? *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 2(2–3), 273.
- Major, L., Warwick, P., Rasmussen, I., Ludvigsen, S., & Cook, V. (2018). Classroom dialogue and digital technologies : A scoping review. *Education and Information Technologies*, 23(5), 1995–2028.
- Meier, A., Spada, H., & Rummel, N. (2007). A rating scheme for assessing the quality of computer-supported collaboration processes. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 2(1), 63–86.
- Mercer, N. (2004). Sociocultural discourse analysis : Analysing classroom talk as a social mode of thinking. *Journal of Applied Linguistics*, 1(2), 137–168.
- Molinari, G. (2017). From learners' concept maps of their similar or complementary prior knowledge to collaborative concept map : Dual eye-tracking and concept map analyses. *Psychologie française*, 62(3), 293–311.

- Molinari, G., Chanel, G., Bétrancourt, M., Pun, T., & Bozelle, C. (2013). Emotion feedback during computer-mediated collaboration : Effects on self-reported emotions and perceived interaction. In N. Rummel, M. Kapur, M. Nathan & S. Puntambekar (Éds.), *To see the world and a grain of sand : Learning across levels of space, time, and scale*. CSCL 2013. Conference Proceedings International Society of the Learning Sciences, 1, 336–343.
- Molinari, G., Sangin, M., Dillenbourg, P., & Nüssli, M.-A. (2009). Knowledge interdependence with the partner, accuracy of mutual knowledge model and computer-supported collaborative learning. *European Journal of Psychology of Education*, 24(2), 129–144.
- Moro, C., Muller Mirza, N., & Roman, P. (Éds.) (2014). *L'intersubjectivité en questions. Agrégat ou nouveau concept fédérateur pour la psychologie ?* Lausanne : Antipodes.
- Moro, C., Schneuwly, B., & Brossard, M. (1997). *Outils et signes. Perspectives actuelles de la théorie de Vygotski*. Berne : Peter Lang.
- Mugny, G., Doise, W., & Perret-Clermont, A.-N. (1975–1976). Sociocognitive conflict and cognitive progress. *Bulletin de Psychologie*, 29(4–7), 199–204.
- Muller Mirza, N. (2017). Apprendre par le conflit et l'argumentation ? Quand les conflits sociocognitifs sont traversés par des enjeux identitaires et de société. In C. Staerklé & F. Butera (Éds.), *Conflits constructifs. Conflits destructifs* (pp. 17–31). Lausanne : Antipodes.
- Muller Mirza, N., & Buty, C. (2015). *L'argumentation dans les contextes de l'éducation*. Berne : Peter Lang.
- Muller Mirza, N., & Perret-Clermont, A.-N. (2008). Dynamiques interactives, apprentissages et médiations : analyses de constructions de sens autour d'un outil pour argumenter. In L. Filliettaz & M.-L. Schubauer-Leoni (Éds.), *Processus interactionnels et situations éducatives* (Raisons éducatives n° 12, pp. 231–253). Bruxelles : De Boeck Supérieur.
- Muller Mirza, N., Tartas, V., Perret-Clermont, A.-N., & de Pietro, J.-F. (2007). Using graphical tools in a phased activity for enhancing dialogical skills : An example with Digalo. *Computer-Supported Collaborative Learning*, 2, 247–272.
- Pekrun, R. (2006). The control-value theory of achievement emotions : Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational Psychology Review*, 18(4), 315–341.
- Perret-Clermont, A.-N., & Nicolet, M. (2001). *Interagir et connaître*. Paris : L'Harmattan.
- Perret-Clermont, A.-N., Schär, R., Greco, S., Convertini, J., Iannaccone, A., & Rocci, A. (2019). Shifting from a monological to a dialogical perspective on children's argumentation. In F.H. van Eemeren & B. Garssen (Éds.), *Argumentation in context* (pp. 211–236). Amsterdam : John Benjamins. <http://doi.org/10.1075/aic.17.12per>
- Piaget, J. (1963). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant* (vol. 968). Neuchatel : Delachaux et Niestlé.

- Reis, R.C.D., Isotani, S., Rodriguez, C.L., Lyra, K.T., Jaques, P.A., & Bittencourt, I.I. (2018). Affective states in computer-supported collaborative learning : Studying the past to drive the future. *Computers & Education*, 120, 29–50.
- Richard, J.-F. 1990. *Les activités mentales : comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris : Armand Colin.
- Säljö, R. (2009). Learning, Theories of Learning, and Units of Analysis in Research. *Educational Psychologist*, 44(3), 202–208.
- Sangin, M., Molinari, G., Nüssli, M. A., & Dillenbourg, P. (2011). Facilitating peer knowledge modeling : Effects of a knowledge awareness tool on collaborative learning outcomes and processes. *Computers in Human Behavior*, 27(3), 1059–1067.
- Schwarz, B., & Baker, M. (2016). *Dialogue, Argumentation and Education : History, Theory and Practice*. Cambridge : Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316493960>
- Schwarz, B., & De Groot, R. (2007). Argumentation in a changing world. *The International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 2(2–3), 297–313.
- Solli, A., Hillman T., & Mäkitalo, Å. (2019). Navigating the Complexity of Socio-scientific Controversies – How Students Make Multiple Voices Present in Discourse. *Research in Science Education*, 49, 1595–1623.
- Stahl, G. (2000). A model of collaborative knowledge-building. In B. Fishman & S. O'Connor-Divelbiss (Éds.), *Fourth International Conference of the Learning Sciences* (pp. 70–77). Mahwah, NJ : Erlbaum.
- Tartas, V. (2016). Outils culturels et dynamiques sociocognitives à l'œuvre pour apprendre en science à l'école : de l'intérêt de réitérer des situations interactives et outillées. In M. Giglio & F. Arcidiacono (Éds.), *Les interactions sociales en classe : réflexions et perspectives* (pp. 55–75). Berne : Peter Lang.
- Tartas, V. (2019). Des cartes pour collaborer, des cartes pour apprendre : quelques exemples d'usages de cartes argumentatives à l'école élémentaire en science. *Recherches en didactiques*, 27(1), 43–60.
- Tartas, V., Baucal, A., & Perret-Clermont, A.-N. (2010). Can you think with me ? The social and cognitive conditions and the fruits of learning. In C. Howe & K. Littleton (Éds.), *Educational Dialogues : Understanding and promoting productive interaction* (pp. 64–82). Londres : Elsevier.
- Tartas, V., & Muller Mirza, N. (2007) Rethinking collaborative learning through participation in an inter- disciplinary research project : Tensions and negotiations as key points in knowledge production. *Integrative Psychological and Behavioral Science*, 41(2), 154–168.
- Tartas, V., & Simonneaux, L. (2015). Argumenter dans la classe en astronomie : rôle de l'enseignant et des outils sémiotiques dans la compréhension des saisons par des élèves de CM2 (grade 5). In N. Muller Mirza & C. Buty (Éds.), *L'argumentation dans les contextes de l'éducation* (pp. 135–165). Berne : Peter Lang.
- Vygotski, L.S. (1985/1934). *Pensée et langage*. Paris : Éditions sociales.

Weinberger, A., Stegmann, K., & Fischer, F. (2007). Knowledge convergence in collaborative learning : Concepts and assessment. *Learning and instruction*, 17(4), 416–426.

Wood, D., Bruner, J.S., & Ross, G. (1976). The Role of Tutoring in Problem Solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, 89–100.

Notices biographiques

Gaëlle Molinari est professeure assistante au TECFA, l'unité de TEChnologies de Formation et d'Apprentissage de la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation de l'Université de Genève. Ses travaux portent sur les dimensions cognitives et affectives de l'apprentissage soutenu par le numérique. Dans le domaine de l'apprentissage collaboratif médiatisé par ordinateur (Computer-Supported Collaborative Learning), ses recherches concernent la conception d'outils numériques pour favoriser la prise de conscience et la régulation des émotions au sein du groupe, et l'étude de l'effet de ces outils sur la qualité de la collaboration et l'apprentissage.

COURRIEL : GAELLE.MOLINARI@UNIGE.CH

Nathalie Muller Mirza est professeure à la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation de l'Université de Genève. Ses travaux portent sur les dimensions psychosociales de l'activité d'apprentissage, dans différents contextes d'éducation et de formation. Elle développe une approche socioculturelle et dialogique, et mobilise des outils méthodologiques compréhensifs en intégrant le rôle fondateur des interactions avec autrui et de la culture, autant symbolique que matérielle. Elle s'engage notamment dans des projets portant sur la relation entre dynamiques identitaires, apprentissage et situations de transition (<https://www.unige.ch/fapse/i-act>).

COURRIEL : NATHALIE.MULLERMIRZA@UNIGE.CH

Valérie Tartas est professeure de psychologie du développement à l'Université de Toulouse Jean Jaurès dans le laboratoire Cognition Langues Langage Ergonomie (CLLE). Ses recherches se situent dans une perspective culturelle du développement qui insiste sur la nature intersubjective, sémiotique et située de la cognition humaine. Elle étudie le développement des connaissances chez l'enfant d'âge scolaire lors d'interactions sociales (en classe avec l'enseignant.e et/ou lors d'interactions entre pairs) tout en tenant compte des outils culturels (cartes, plans, systèmes d'écrit, dispositifs numériques, etc.) au sein de différents projets relatifs aux apprentissages scolaires.

COURRIEL : VALERIE.TARTAS@UNIV-TLSE2.FR

Appréhender les transformations de l'activité versus de la cognition des enseignant-es : approches (in)compatibles ?

Katarina Gvozdic, Valérie Lussi Borer

Université de Genève

RÉSUMÉ – Dans cet article, nous croisons deux entrées : l'entrée activité, qui s'appuie sur des enquêtes collaboratives soutenues par la vidéo, et l'entrée cognitive, qui s'appuie sur des questionnaires et de l'expérimentation. Les verbalisations produites dans le cadre des enquêtes collaboratives ainsi que les réponses récoltées par les questionnaires reflètent des conceptions implicites, dont les processus sous-jacents font l'objet d'études en sciences cognitives. Dans cet article nous mettons les concepts clés relatifs au développement professionnel des enseignants en regard avec ceux relatifs au développement conceptuel et nous analysons les points de convergence et de tension. Outre une analyse théorique, nous portons un regard croisé sur les corpus et méthodologies existants, en analysant les atouts des différentes approches. Enfin, nous concluons en proposant un dispositif de recherche qui pourrait permettre aux deux entrées d'interagir de manière complémentaire.

MOTS CLÉS – activité, cognition, conceptions des enseignant-es, développement professionnel des enseignant-es

Introduction

Dans l'esprit de ce numéro qui questionne la compatibilité d'approches éducatives et cognitives ainsi que leur capacité à raisonner de concert, nous avons choisi d'éprouver la pertinence de croiser deux entrées. La première, menée par l'équipe AFORDENS¹, s'intéresse à appréhender l'activité d'enseignant-es dans des dispositifs de formation et de développement professionnel recourant à des enquêtes collaboratives soutenues par la vidéo. Durant ces enquêtes, les enseignant-es expriment les conceptions² qui sous-tendent leur activité professionnelle, activité qui peut se transformer d'une séance d'enquête à l'autre. La deuxième entrée, la recherche *Metaphors & Mindsets*³, vise, par des questionnaires et de l'expérimentation, à saisir les conceptions que les enseignant-es ont des processus d'enseignement et d'apprentissage. Bien qu'ancrées dans des cadres théoriques différents, nos deux entrées s'intéressent à ces conceptions. La première les génère en remettant les enseignant-es en situation d'activités professionnelles à travers la vidéo, quand l'autre le fait en récoltant dans un cadre expérimental leurs réponses à des questions écrites. Nos questions de recherche sont les suivantes : quelles sont les conceptions rapportées dans chacune des enquêtes ? Comment chaque entrée traite-t-elle les données ? Est-ce possible de les faire dialoguer et si oui, qu'y gagne-t-on du point de vue de la recherche, voire de la formation ? L'intérêt de croiser ces analyses repose sur l'hypothèse qu'il est fécond de confronter les conceptions verbalisées à partir de pratiques réelles à celles déclarées en situation d'expérimentation, ainsi que d'étudier la manière dont deux entrées théoriques différentes les analysent.

L'objectif de cet article est donc d'identifier ce qu'une telle confrontation peut apporter pour mieux comprendre le développement professionnel des enseignant-es et la transformation de leurs pratiques en lien avec la prise en compte des conceptions déclarées. La première partie expose les questions ayant présidé à chacun des recueils de données. Ensuite, chaque approche donne à voir les entrées théoriques et méthodologiques à partir desquelles elle traite les données, puis nous questionnons leur compatibilité. La quatrième partie aborde le traitement des données fait par chacune des approches et leurs interprétations. Enfin la conclusion ouvrira des pistes de réflexion sur la complémentarité entre ces deux approches pour contri-

1. Apprentissage, formation et développement professionnel dans l'enseignement (AFORDENS) : <https://www.unige.ch/fapse/afordens>

2. Par *conception*, nous entendons une structure mentale qu'une personne construit à propos d'un concept sur la base de son vécu. Elle permet d'organiser des informations et d'y accéder. Ainsi elle va jouer un rôle important dans l'interprétation des situations qui mobilisent cette conception (Hofstadter & Sander, 2013). En retour, l'expérience vécue enrichit (voire renforce ou transforme) la conception.

3. Menée par l'équipe Instruction, développement, éducation, apprentissage (IDEA) : <https://www.unige.ch/fapse/idea>

buer à une meilleure intelligibilité de la manière dont les conceptions et/ou pratiques des enseignant-es en formation se transforment.

Questions de recherche

Recherche AFORDENS

Le visionnement de vidéos d'enseignement, d'autant plus quand il s'agit des leurs, engage les enseignant-es dans des processus perceptifs, cognitifs, affectifs et émotionnels qui sont interreliés et difficiles à séparer. Pour aller au-delà de recherches se cantonnant à l'expression de processus cognitifs relatifs à la capacité d'identifier et d'analyser les éléments pertinents de l'activité professionnelle (Sherin & van Es, 2005), nous nous inscrivons dans une tendance phénoménologique et inductive qui incite les chercheurs et chercheuses à interpréter les processus perceptifs, cognitifs, affectifs et émotionnels liés au visionnement de vidéos à l'aide de nouveaux cadres s'intéressant davantage aux significations (Sherin & Russ, 2014). L'*approche sémiotique* que nous avons développée permet de décrire l'activité et les conceptions qui lui sont inhérentes en situation de vidéoformation en mettant en exergue les dimensions de référentialité (les références convoquées par les enseignant-es lorsqu'ils et elles parlent de l'activité) et de normativité (les normes, valeurs évoquées ; Lussi Borer, Flandin, & Muller, 2018). S'inscrivant dans une approche d'analyse de l'activité qui s'est développée depuis plusieurs décennies en sciences de l'éducation (Lussi Borer, Durand, & Yvon, 2015), nos résultats de recherche indiquent que ces deux dimensions sont importantes pour préciser la nature de l'activité de celui ou celle qui visionne une vidéo de classe. Elles permettent également de documenter des activités cognitives de différentes natures (description, comparaison, évaluation...) référées à différents types d'activités (de l'enseignant-e observé-e, des élèves observé-es, de soi-même, des collègues...) ainsi que les émotions, normes et valeurs exprimées. Nos questions de recherche sont les suivantes : comment les enseignant-es en formation, confronté-es via la vidéo à leur propre activité et à celles de leurs pair-es, parlent-ils ou elles de celles-ci, de leurs régularités et de leurs transformations ? Comment les enseignant-es mettent-ils ou elles en relation l'activité visionnée avec une autre activité (une activité précédente, une activité à venir, l'activité d'un-e autre pair-e, l'activité des élèves, etc.) ? Comment cette mise en relation se fait-elle (description, interprétation, comparaison, évaluation) ?

Recherche Metaphors & Mindsets

Les études antérieures en sciences cognitives ont dégagé deux orientations principales relatives aux conceptions de l'enseignement et de l'apprentissage (Patchen & Crawford, 2011 ; Sfard, 1998). La première reflète une vision « acquisitionniste », où la connaissance est détenue par l'enseignant-e et transmise aux élèves ; la deuxième, une vision « participative », où la connaissance est relative, contextualisée et socialement construite. Cependant, la façon dont un-e enseignant-e conçoit les capacités des apprenant-es n'est pas intégrée dans ces études, alors que des travaux sont menés en sciences cognitives spécifiquement sur ce sujet. Pourtant d'autres recherches s'intéressent aux conceptions que les élèves ont de leur propre intelligence en lien avec leurs performances scolaires (Dweck, 1999). Elles ont mis en évidence que les conceptions qu'ont les élèves de leur propre intelligence varient en fonction de la malléabilité perçue. D'un côté, nous trouvons une conception où l'intelligence est perçue comme une capacité « fixe », qui n'évolue pas – « la théorie de l'entité » (*fixed mindset*). De l'autre, on trouve une conception de l'intelligence qui est malléable et peut évoluer selon les efforts mis dans la réalisation des tâches – « la théorie incrémentielle » (*growth mindset*).

L'objectif de cette recherche est alors de dégager les conceptions qui structurent les pratiques des enseignant-es et les présupposés psychologiques qui en découlent. Dans un premier temps, nous cherchons à identifier les conceptions que les enseignant-es ont de l'enseignement et de l'apprentissage, en prenant en compte comment ils et elles conçoivent l'enseignement, mais aussi les capacités des apprenant-es. Dans un deuxième temps, nous cherchons à établir un lien entre ces conceptions et les inférences qui en découlent sur le plan pédagogique. L'entrée que nous adoptons pour aborder ces questions passe par l'étude des processus cognitifs impliqués dans le développement conceptuel. Sur le plan méthodologique notre recherche s'inscrit dans une approche expérimentale afin de déterminer si une conception est prédictive des pratiques des participant-es. Des tests standardisés, dont le contenu et les conditions de passation sont strictement définis, sont utilisés. En utilisant cette méthode, nous pouvons émettre des hypothèses sur les réponses des participant-es et recueillir des données où les réponses des individus sont comparables entre elles. Nous disposons ainsi d'outils pour rendre compte des différences interindividuelles, et caractériser les conceptions étudiées.

Des objets de recherche complémentaires ?

Lorsque l'analyse se focalise sur l'activité, elle ne s'intéresse pas uniquement aux processus cognitifs sous-jacents et aux conceptions qui, elles, constituent l'objet d'étude central des sciences cognitives. Elle considère tout autant les

dimensions perceptives et affectives qui accompagnent l'activité. En retour, n'ayant généralement pas pour visée une ingénierie pédagogique, ni l'accompagnement d'une transformation de pratiques, les sciences cognitives ne donnent pas une priorité à une entrée écologique qui serait susceptible de contribuer à transformer les conceptions des enseignant-es en considérant également les dimensions affectives et normatives. Ces centrations différentes, mais toutes deux importantes pour comprendre les processus en jeux, gagneraient, nous le pensons, à être mises en lien.

Entrées théoriques

Entrée activité

Nous analysons les verbalisations produites par les participant-es lorsqu'ils ou elles sont confronté-es à leur propre activité (autoconfrontation) et/ou à l'activité d'autrui (alloconfrontation ou confrontations croisées/collectives) via le visionnement de situations de travail. À la suite de Durand (2014), nous définissons l'activité humaine comme tout ce que l'acteur-riche fait « à un moment *t* » lorsqu'il ou elle travaille. L'activité est caractérisée comme : a) dynamique au sens où elle se transforme incessamment, b) située c'est-à-dire ajustée aux environnements et exprimant les points de vue des acteurs-rices, c) signifiante parce qu'elle produit des significations intimes et/ou partagées, d) à valence émotionnelle et affective et impliquant les acteurs-rices dans un engagement subjectif, e) source d'expérience pour les acteurs-rices.

Appréhender le développement des personnes en formation consiste à saisir la transformation de leurs *dispositions* à *agir*, que nous concevons, à la suite de Leblanc (2014), comme des tendances des personnes à concevoir et à agir d'une certaine manière dans des circonstances déterminées. La transformation des dispositions à agir procède, entre autres, de processus de *renormalisation* (Schwartz, 2007), soit d'un travail permanent de renouvellement des règles d'élaboration de l'expérience et des règles à suivre dans l'action.

À la suite de Flandin, Leblanc, et Muller (2015), nous considérons la vidéo comme un « objet temporel » dont le fonctionnement est inscrit dans le temps et dont la logique interne se caractérise par son écoulement (Stiegler, 2010). Cet écoulement, analogue au flux de l'expérience humaine, provoque des phénomènes de synchronisation et de déclenchement d'attentes entre la vidéo et l'expérience de l'individu qui la visionne. Cette synchronisation apparaît comme un facteur déterminant de l'efficacité des environnements de formation médiés par des objets temporels, parce qu'ils impliquent : a) un engagement mimétique des acteurs-rices visionnant leur propre activi-

té enregistrée ou celle d'autres professionnel·les engagé·es dans la même tâche ; b) la perturbation des horizons d'attente (p. ex. si vous étiez à la place de cet·te enseignant·e dans cette situation que feriez-vous ?) ; c) une superposition d'expériences passées et actuelles (p. ex. en quoi cette activité me fait vivre une expérience similaire ou différente de la précédente ?).

La vidéo permet de se projeter dans une activité de travail d'autrui : ce média favorise une expérience mimétique qui donne l'occasion à une personne de convoquer des expériences vécues disponibles qu'elle remobilise à l'occasion de cette expérience (Zaccaï-Reyners, 2005). À travers celle-ci, les individus vont ressentir de la satisfaction ou de l'insatisfaction face à l'activité visionnée. Celle-ci peut être constituée comme objet d'enquête menant à la validation ou à l'invalidation des inférences – voire à la transformation des *dispositions* à *agir* des personnes en formation – car cela suscite des processus de mise en mouvement de conceptions, normes et valeurs. De tels processus sont difficiles à signifier et à conscientiser dans les conditions de l'activité réelle et nécessitent une reprise ultérieure de cette activité dans un espace délié des sanctions du réel.

Pour initier des processus de *renormalisation* visant à développer des conceptions et pratiques à la fois plus efficaces pour l'apprentissage des élèves et plus efficaces pour l'activité de l'enseignant·e, nous nous appuyons sur le concept d'*enquête collaborative inter-objective* développé par Dewey (1993). Pour cet auteur, l'organisme et son environnement sont en transaction constante et ne se distinguent que s'il y a discontinuité, c'est-à-dire tension ou conflit liés soit à la croissance de l'organisme, soit aux variations de l'environnement. L'enquête, au sens de Dewey, est le processus qui vise à rétablir l'intégration de l'organisme à l'environnement en passant d'une situation *indéterminée* à une situation *problématique* pour aboutir *in fine* à une nouvelle situation *déterminée*. Ce processus doit conduire à une transformation concrète et pas seulement « mentale » de la situation. Pour passer d'une situation *indéterminée* à une situation *problématique*, il faut mener un ensemble d'*observations* et élaborer des *idées de solutions possibles*. L'observation produit des idées (on pourrait dire de nouvelles inférences) qui, si elles sont fonctionnelles, permettent de mettre à jour de nouveaux faits observables et ainsi de suite jusqu'à ce que la situation soit organisée en un « tout cohérent », jusqu'au prochain déséquilibre.

Entrée cognitive

Dans le champ du développement conceptuel, les conceptions sont vues comme des catégories mentales qui possèdent une structure graduée, ayant

des membres plus prototypiques de la catégorie que d'autres (Rosch, 1978).⁴ Elles sont construites sur la base du vécu de la personne, ce qui ne signifie pas pour autant qu'une conception soit construite pour chaque situation rencontrée. Afin de dépasser l'expérience singulière de chaque nouveau moment vécu, un mécanisme cognitif central permet d'établir le lien avec des situations antérieures connues (Hofstadter & Sander, 2013). C'est celui de l'analogie, un processus cognitif par lequel s'établit une correspondance entre une entité inconnue ou moins connue – une cible – et une entité plus familière – une source (Holyoak & Thagard, 1995). Lorsqu'un lien entre deux entités est établi analogiquement, les caractéristiques de la conception source sont attribuées à la notion cible. Reconnaître qu'une notion ou situation puisse être un cas de figure d'une conception particulière permet donc de faire des inférences et des prédictions concernant cette notion ou situation cible. Ce pouvoir inférentiel présente un avantage cognitif qui constitue l'apport le plus important de l'analogie sur ce plan. Ainsi, une conception permet d'établir un point de vue sur une situation.

Afin d'étudier les conceptions des enseignant-es, le cadre des métaphores conceptuelles est particulièrement propice. Dans une entrée cognitive, les métaphores conceptuelles ne sont pas considérées uniquement comme des figures de style au service de la rhétorique mais comme une instance de la conceptualisation par l'analogie (Bowdle & Gentner, 2005). Elles permettent d'établir une correspondance entre des concepts appartenant à des domaines sémantiquement différents. Ainsi, les métaphores véhiculées par le langage reflètent le système conceptuel des locuteurs-rices (Lakoff & Johnson, 2003). Les sources de ces métaphores sont généralement inconscientes mais permettent aux individus de raisonner sur différents sujets, quelle que soit leur complexité inhérente, et même lorsqu'ils et elles n'en ont qu'une compréhension limitée. Comme tout processus analogique, les métaphores conceptuelles ont ce fort pouvoir inférentiel. Par exemple, si l'on adopte un point de vue socratique traditionnel et que l'on s'appuie sur la métaphore « un-e enseignant-e est comme une sage-femme⁵ », cette conception permet d'envisager l'enseignement en se référant à une profession différente qui confère ses propriétés à « l'enseignant-e ». Cette affirmation implique que la personne qui enseigne ferait uniquement ressortir des connaissances déjà implicites chez les élèves. Différentes métaphores conceptuelles activent différents réseaux sémantiques, lesquels conduisent à des inférences différentes (Thibodeau & Boroditsky, 2011).

Les conceptions intuitives constituent un cas particulier de la conceptualisation par analogie. Ces conceptions sont acquises par les individus sans

4. Par exemple, lorsqu'on demande aux personnes de nommer un fruit, la plupart des réponses porteront sur des pommes ou organes – les cas prototypiques dans notre culture, et beaucoup moins sur des mangues ou kakis – les membres atypiques de la catégorie fruit dans notre culture.

5. Fait référence à un métier qui est pratiqué par les hommes et les femmes.

mobiliser beaucoup d'effort et s'imposent prioritairement lors de l'interprétation d'une situation ou d'une notion. Elles sont robustes, persistent même à l'âge adulte et sont présentes dans tous les domaines de la vie, psychologie et pédagogie incluses (Olson & Bruner, 1996 ; Shtulman, 2017). Le danger de ces conceptions intuitives est qu'elles ne fournissent qu'une seule grille de lecture de la situation. Elles peuvent créer certains angles morts dans les capacités diagnostiques des enseignant-es (Gvozdic & Sander, 2018). À l'inverse, disposer de multiples conceptions pour un même objet facilite le passage d'une catégorie à une autre, ce qui permet d'adopter le point de vue le plus pertinent en fonction de la situation (Hofstadter & Sander, 2013). En examinant comment la production des métaphores par les enseignant-es décrivant leur pratique impacte leur enseignement, une étude montre que les professionnelles qui mobilisent plusieurs métaphores pour décrire leur enseignement ont plus d'interactions positives avec leurs élèves (Tobin & Tippins, 1996). Dans une perspective de transformation des conceptions des enseignant-es, l'argumentation par analogie permettrait d'explicitier les métaphores, de les interroger et de susciter un conflit cognitif à travers des métaphores alternatives (Hofstadter & Sander, 2013). Proposer des analogies appropriées pour illustrer la nouvelle notion ou rendre conscientes celles des personnes en formation pour travailler avec et dessus permettrait d'arriver à une transformation des conceptions (Sander, 2000). Pour y arriver, un travail préalable pour déceler les conceptions sous-jacentes est donc nécessaire.

Des présupposés théoriques congruents ?

Si les références théoriques convoquées par les deux entrées à partir desquelles nous travaillons sont différentes, elles n'apparaissent pas fondamentalement opposées. Les deux entrées concordent sur la vision d'une conception comme une construction mentale ayant une certaine stabilité. Elles reconnaissent également que les personnes construisent des représentations des situations auxquelles elles sont confrontées ; que ces représentations intègrent les éléments saillants d'une situation qui sont communs avec les conceptions mobilisées. Les deux entrées partagent la vision que les représentations construites respectivement pour chaque situation peuvent faire évoluer les conceptions des individus. Chaque nouvelle expérience qui mobilise une conception donnée va la mettre en mouvement, en la renforçant, l'élargissant ou la transformant. En outre, le concept d'analogie, central dans l'entrée cognitive, est également considéré comme valide dans l'entrée activité, en lien avec l'usage de l'artéfact vidéo qui vise la modélisation analogique (Zaccari-Reyners, 2005). L'entrée activité, comme l'entrée cognitive, donne de l'importance à l'ancrage situé qui est un prérequis pour toute enquête collaborative. Le développement des conceptions y est considéré comme fortement ancré dans les expériences singulières des individus (Hofstadter & Sander, 2013). Dans l'entrée activité, il est considéré que le visionnement des vidéos

permet aux personnes d'être confrontées à la dissonance entre ce qu'elles déclarent et ce qui est agi dans les situations. Du point de vue de l'entrée cognitive, cela constitue justement une opportunité pour « faire bouger » la conception qui était mobilisée, car l'analogie est en même temps un processus et un produit. De même que la conception influence l'interprétation des situations, l'évolution des conceptions va faire évoluer l'interprétation des situations. De plus, les deux entrées s'accordent sur la nécessité de multiplier les points de vue et conceptions pour mieux choisir le point de vue en fonction des situations. Enfin, la vision de la transformation concorde : c'est en multipliant les conceptions et en les confrontant qu'on suscite un conflit cognitif chez les participant-es. Ce conflit peut les amener à faire un tri entre différentes conceptions et conserver celles qui semblent valides, voire à en créer de nouvelles (même si la transformation n'est pas garantie lorsque les conditions pour la permettre ne sont pas construites).

Méthodologie de recherche

Méthodologie de l'entrée activité

Les données traitées proviennent d'*enquêtes collaboratives inter-objectives* menées avec les mêmes enseignant-es du secondaire en formation initiale (EEF) que ceux ayant participé à la recherche *Metaphors & Mindsets* et qui partagent leur activité entre l'enseignement en classe (50 %) et la formation (50 %). La structure des enquêtes est la suivante (pour une description précise, voir Lussi Borer & Muller, 2016) :

1. Élaboration collective d'un objet d'enquête au sein du groupe de participant-es (trois à six personnes) qui choisissent de travailler ensemble sur une préoccupation professionnelle définie de manière autonome. À partir de cette préoccupation, l'objet d'enquête est problématisé avec le concours d'un-e formateur-trice-chercheur-euse qui fournit également des outils d'analyse de l'activité permettant de distinguer les niveaux descriptifs, interprétatifs et évaluatifs.
2. Un premier film est tourné dans chacune des classes des participant-es sur l'objet d'enquête ;
3. Une première autoconfrontation collective à des extraits de ces films choisis par les participant-es vise à dégager « ce qui fonctionne/ce qui questionne » ainsi que des pistes de transformation.
4. Un deuxième film est tourné dans chacune des classes des participant-es.
5. Une deuxième autoconfrontation collective à des extraits de ces films choisis par les participant-es vise à faire le point sur les transformations expérimentées ainsi qu'à dégager de nouvelles pistes le cas échéant.

Les modalités d'autoconfrontation collective aux traces audiovisuelles de l'activité (Lussi Borer & Muller, 2016) engagent d'abord les participant-es à décrire ce qu'ils ou elles voient dans le film, éventuellement à l'interpréter et/ou l'évaluer, afin de faire l'expérience de l'activité « comme s'ils ou elles étaient l'enseignant-e » (engagement mimétique) et à permettre à l'enseignant-e filmé-e de voir ce qu'il ou elle fait « à travers » les yeux de pair-es ayant des conceptions et normes différentes des siennes (dégagement « allo-centré »). Le fait que l'activité visionnée soit décrite depuis plusieurs points de vue et que différentes hypothèses et évaluations soient formulées produit et/ou actualise des satisfactions et insatisfactions suscitant le désir de faire autrement chez les participant-es qui s'engagent dans des expériences fictionnelles en imaginant des possibilités de *faire autrement* que ce qui est vu. Ces différents processus (Flandin, Leblanc, & Muller, 2015) permettent de faire émerger les conceptions, normes et dispositions à agir « cachées » dans l'action, de les rendre visibles et d'initier un travail de mise en mots, voire d'expérimentations ultérieures de celles-ci.

Méthodologie de l'entrée cognitive

Afin de comprendre les conceptions des enseignant-es et les inférences qui en découlent, nous avons construit dans un premier temps deux tâches comportant des questionnaires.

La première tâche comprend des questions à réponses ouvertes pour que les participant-es puissent librement exprimer leur vision de l'apprentissage et de l'enseignement. Elle est présentée au début de l'étude et permet d'avoir un accès aux conceptions que les participant-es ont de l'objet de l'étude. Les participant-es ont reçu comme consigne « Imaginez que vous préparez un manuel de référence pour le métier d'enseignant-e. En deux, trois phrases, proposez des définitions pour les notions suivantes ». Ils et elles doivent définir les notions « enseigner » et « apprendre ». Puis est présenté un exercice d'association verbale libre, où les participant-es sont invité-es à proposer des qualificatifs pour ces mêmes notions :

- Proposez quatre verbes dont la signification vous semble la plus proche de « enseigner ».
- Proposez quatre verbes dont la signification vous semble la plus proche de « apprendre ».

Les questions à réponses ouvertes sont ensuite suivies par une deuxième tâche qui comporte différentes séries d'affirmations et les participant-es indiquent dans quelle mesure ils et elles sont d'accord avec les propositions (sur une échelle de 1 « en désaccord » à 6 « en accord »). Toutes les propositions sont validées par des recherches antérieures, donc les réponses sur ces

items permettent de discriminer entre différents individus. Avec cette tâche nous cherchions à expliciter les attitudes des participant-es vis-à-vis de :

- L'objet des compliments qui sont adressés à l'élève par des enseignant-es (Jonsson & Beach, 2012) : orientés soit sur les processus mis en place (p. ex. « Tu as dû travailler dur ! »), soit sur les caractéristiques de l'élève (p. ex. « Tu es tellement doué ! »).
- L'orientation des objectifs des enseignements (Midgley, *et al.*, 1998) : soit les pratiques visant une maîtrise (p. ex. « Dans ma classe, j'insiste auprès de mes élèves sur l'importance d'être engagé dans ses apprentissages. »), soit visant des performances (p. ex. « Dans ma classe, je donne des privilèges particuliers aux élèves qui font le meilleur travail. »).
- Les théories implicites sur la place de l'échec dans les apprentissages (Haimovitz & Dweck, 2017).
- Les théories implicites sur la malléabilité de l'intelligence (Dweck, 1999).

Dans un deuxième temps, afin de disposer de mesures confirmatoires des inférences qui découlent des conceptions, nous avons eu recours à la méthode expérimentale et au paradigme d'amorçage. Ce paradigme consiste à présenter aux participant-es des stimulus ciblés qui vont influencer les performances sur les tâches qui suivent, d'une manière implicite et involontaire. Dans cette démarche, des textes qui exemplifient une conception possible de l'enseignement sont présentés à des participant-es en amorce. Comme nous considérons que différentes conceptions amènent à différentes inférences, ce que nous observons à travers les différentes réponses aux affirmations choisies, ce paradigme permet de démontrer le lien entre une conceptions et les inférences déduites. Quatre conditions expérimentales sont créées, chacune mobilisant une conception différente et une condition contrôle sans aucune amorce. Ensuite, nous présentons aux participant-es (100 par condition) les affirmations de la deuxième tâche. S'il y a une différence significative entre les réponses des participant-es à cette tâche en fonction du texte qui était présenté comme amorce, cela permet d'affirmer un impact direct d'une conception de l'enseignement sur les attitudes vis-à-vis des pratiques éducatives.

Des questions et méthodologies (in)compatibles ?

Au terme de la présentation des questions de recherche et des modalités de construction des matériaux, interrogeons-nous sur la compatibilité des entrées convoquées pour appréhender l'évolution de l'activité versus de la cognition des enseignant-es. Comme on l'observe, les deux entrées sont en tension entre des approches inductives pour l'entrée activité et déductives

pour l'entrée cognitive. Le traitement est phénoménologique et interprétatif pour l'entrée activité alors qu'il est expérimental pour l'entrée cognitive. L'entrée activité tente d'appréhender le développement ou la transformation des conceptions suscités par les échanges entre les participant-es à l'enquête collaborative alors que l'entrée cognitive prend des mesures à un temps *t* des conceptions des participant-es. L'entrée cognitive considère que les conceptions sont accessibles par les déclarations des enseignant-es testé-es en réponses aux questions posées. Elle adopte une méthode expérimentale et corrélationnelle de tests passés auprès de grands effectifs de participant-es avec des tâches configurées de telle sorte que les propos des participant-es ne soient pas simplement reproduits mais corrélés à leurs manières de répondre aux différentes questions puis testés expérimentalement. Ainsi les données recueillies peuvent subir des traitements statistiques qui permettent d'identifier les variations interindividuelles qui ne sont pas dues au hasard ainsi que de mettre en évidence des profils contrastés d'enseignant-es et l'impact de différents types de conceptions.

De son côté, l'entrée activité ne se satisfait pas non plus des déclarations des participant-es : elle considère que leurs paroles ne reflètent pas forcément leur activité réelle. Le décalage est lié aux enjeux de normes, à la différence entre théorie professée (ce que les enseignant-es disent faire) et théorie d'usage (inférée à partir de l'action), comme le montrent Argyris et Schön (1974). L'entrée activité laisse donc les enseignant-es s'exprimer librement sur les sujets qui font sens pour eux et elles en lien avec l'activité visionnée et l'objet d'enquête retenu. Elle retrace ensuite dans le détail le déroulement des interactions situées, ce qui rend plus long et difficile le traitement de larges corpus.

Les deux entrées sont donc très différentes mais ne sont pas incompatibles. L'entrée activité passe toujours par un recueil de traces d'activités sur lequel un collectif échange, alors que le recueil fait dans l'entrée cognitive passe par des tests individuels. À travers des procédures différentes, les deux entrées cherchent à trouver des outils qui permettent d'aller au-delà de ce qu'un-e enseignant-e déclarerait spontanément à propos de ses conceptions et activités.

Traitement et données recueillies

Entrée activité

Les deux séances d'autoconfrontation collective sont filmées et font l'objet d'une retranscription complète des échanges verbaux (E = enseignant-es participant à l'enquête, E1 = enseignante dont l'activité est investiguée). Ces

échanges sont ensuite découpés en différentes unités significatives (U), codés (décrits) et catégorisés en termes de normativité (évaluation, norme, idéal) et de référentialité (activités mises en référence). Pour illustrer notre traitement des données, nous sélectionnons ici un extrait de la deuxième séquence d'autoconfrontation collective. L'objet d'enquête est la *participation des élèves dans les moments de correction d'exercices*. Les enseignant-es (E) énoncent d'abord les critères à l'aune desquels ils et elles jugent pertinent d'apprécier le déroulement des corrections : a) faire participer les élèves qui doivent pouvoir poser leurs questions pour comprendre les erreurs commises, b) faire développer un regard critique aux élèves qui doivent être engagé-es dans la correction, c) le temps de la correction ne doit pas être trop long. Nous observons donc déjà, dans les critères choisis, des conceptions de l'apprentissage que les enseignant-es participant à l'enquête déclarent partager : pour apprendre, les élèves doivent comprendre les erreurs faites. Pour que les élèves comprennent leurs erreurs, il faut : a) engager une discussion à leur propos avec l'enseignant-e en faisant participer les élèves, b) permettre aux élèves de poser toutes les questions afin qu'aucune ne reste sans réponse, c) organiser une correction à laquelle les élèves participent, d) que les élèves développent un regard critique sur les réponses proposées lors de la correction.

Bien qu'E1 déclare d'emblée son intention de proposer un enseignement plus participatif en mettant en place de nouvelles modalités de correction (affichage des corrections et échanges des feuilles entre élèves), elle découvre un écart qui l'étonne entre son intention et la réalisation, comme le montre la figure 1. En s'immergeant à nouveau dans son activité à travers le visionnement, elle fait une nouvelle expérience de son activité « comme si c'était celle d'une autre » et constate une différence qu'elle n'arrive pas à expliquer entre ce qu'elle voulait faire et ce qu'elle a vraiment fait. Cela ouvre une enquête sur son activité qui lui permet, à travers les échanges avec les pair-es et le/la facilitateur-riche, de creuser ce qui fait son activité, les préoccupations qui la sous-tendent ainsi que les normes et expériences antérieures qui l'orientent. L'identification des éléments de la situation et de leurs interrelations est favorisée par les échanges collectifs qui procèdent selon la structure des épisodes suivante, comme on le voit dans la deuxième colonne :

- a) expression d'un type d'action satisfaisante/insatisfaisante,
- b) proposition d'explication de la satisfaction/insatisfaction,
- c) proposition d'une action alternative,
- d) approbation/réfutation,
- e) expression d'une préoccupation/insatisfaction à cette nouvelle action,
- f) expression d'une nouvelle action répondant à cette préoccupation, etc.

Tableau 1. Tableau de synthèse des données issues de l'entrée activité.

Unités Séance 2	Description des unités	Enoncés impliquant des interprétations et des éléments normatifs (évaluation, norme, idéal en surligné)	Activités mises en référence
U1	Constat de répétition par E1 d'une action qu'elle voulait corriger : valider/invalider les propositions des élèves	<i>je trouve que je fais exactement ce qu'on disait la dernière fois [...] j'invalide assez rapidement. Je dis: Pourquoi c'est faux ? Alors que je voulais que ce soit eux qui remarquent.</i>	AE1 Séance 1-AE1 Séance 2 AE1-AEIs
U2	Proposition d'E : générer un débat Approbation d'E1	<i>Oui ça aurait été plus malin justement de rester sur ça et de leur dire: bon ben qui a raison ?</i>	AE1 évaluée et idéale
U3	Suggestion d'explication par E Réfutation d'E1	<i>C'est quand même beaucoup toi qui insiste, qui analyse. L'élève dit juste « les parenthèses » et toi tu interprètes tout ce qu'elle dit. Tu vois tu veux aussi que ça avance.</i> <i>Mais là je ne me sentais pas stressée par le temps. Mais c'est clair qu'en fait j'aurais dû les laisser.</i>	AE1-AEIs AE1 idéale AE1 idéale
U4	Préoccupation d'E1 : les élèves formulent mal Suggestion d'E: c'est parce que l'E reformule Approbation d'E1 Proposition d'E : laisser plus de place aux élèves Suggestion d'explication: l'enseignante veut tout traiter en même temps Insatisfaction d'E1 : la répétition de l'explication déjà donnée ne permet pas aux élèves de comprendre Proposition d'E1 : demander à l'élève de venir écrire sa procédure au tableau	<i>Ils lancent des mots. Ils sont pas précis. [...]</i> <i>Forcément, si tu reprends tout et tu vas tout bien formuler avec un petit exemple et tout ils vont pas s'embêter à formuler</i> <i>Ouais c'est clair.</i> <i>Pour laisser un peu plus [de participation] parce que notre but était aussi un peu ça.[...]</i> <i>Aussi ce qui se passe c'est que tu veux aussi tu veux trop traiter tout en même temps un peu non ? [...]</i> <i>je réinsiste sur la même manière d'expliquer jusqu'à ce que je me dise: « ah mais non c'est pas là le problème » et après je change la manière d'expliquer.</i> <i>J'aurais peut-être, justement pu lui dire : bah viens nous écrire ton moins 9 au carré.</i>	AEIs AE1-AEIs évaluée AEIs idéale AE1 évaluée AE1 évaluée AE1 idéale
U5	Constat d'E omniprésence de l'enseignant-e Proposition d'E1: laisser les élèves expliquer les résultats Proposition d'E : considérer autant les réponses justes que les fausses Mise à jour d'une norme implicite et endogène : l'importance d'enseigner la rigueur en maths Lien avec sa propre expérience d'étudiant universitaire : le fait de n'avoir pas été formée à cette rigueur au secondaire II l'a mis en difficulté	Comparaison d'un deuxième extrait vidéo au premier <i>Je trouve qu'elle a tendance à leur poser des questions mais limite répondre à leur place</i> <i>je pense qu'ils auraient pu m'expliquer pourquoi. J'aurais dû leur laisser expliquer.</i> <i>Si tu prenais les réponses justes et les réponses fausses et que tu les traitais de la même manière, il y aurait plus d'élèves qui oseraient</i> <i>Enfin, la rigueur pour moi elle est extrêmement importante en maths. [...] J'ai l'impression que là j'ai toujours ce réflexe justement de reformuler pour que ce soit précis, le bon vocabulaire ou rédiger de la bonne manière et peut-être c'est ça aussi qui me fait toujours récupérer la parole pour être sûre qu'ils aient leurs bonnes manières de noter, de rédiger...</i> <i>ça a été difficile de le faire à l'uni. C'est aussi dans ce sens-là, peut-être je me dis que : ok, il faut qu'on prenne l'habitude, qu'on comprenne dès le départ comment on rédige les choses.</i>	AE1 évaluée AEIs idéale AE1 idéale AE1 idéale AE1 normée AE1 en tant qu'él évaluée AEIs-AEIs idéale

Légende : E = enseignantes participant à l'enquête ; E1 = enseignante dont l'activité est investiguée ; AE1 = activité de l'Enseignante 1 ; AEIs = activité des élèves ; AEEns = Activité d'enseignant-e générique.

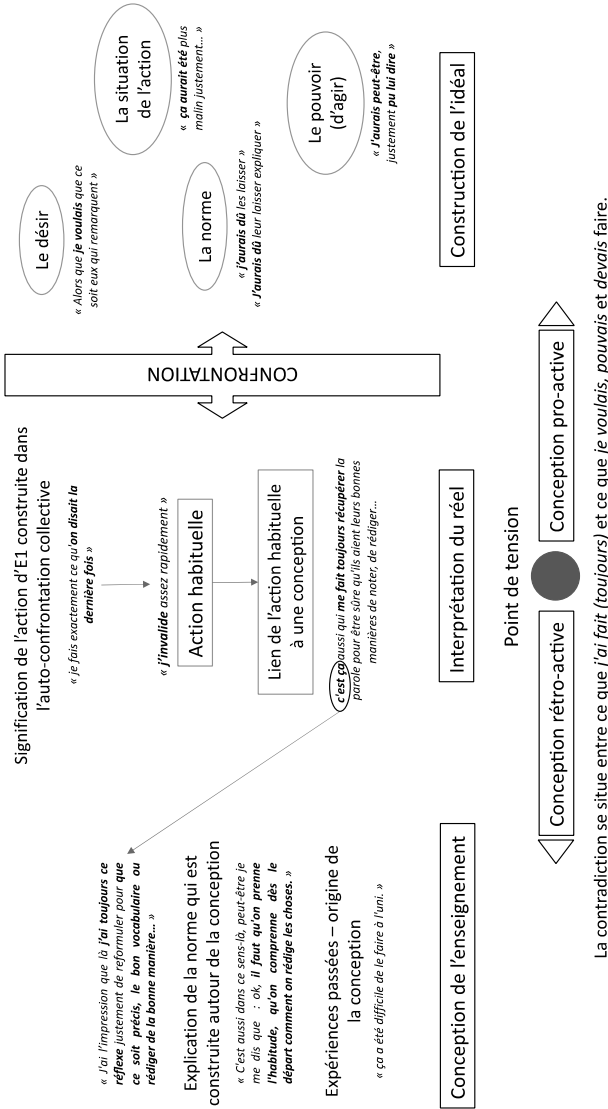
Nous considérons l'extrait présenté comme représentatif de ce genre d'échanges basés sur l'activité professionnelle rapportée par la vidéo. Il est intéressant de constater que la structure utilisée par les enseignant-es pour analyser les extraits de chaque film comprend, souvent à partir d'une énonciation factuelle des éléments observés/comparés, une ou des interprétations auxquelles le groupe aboutit. Ces interprétations sont mises en regard d'éléments normatifs qui jouent comme références, que ce soit au niveau de l'activité singulière de l'enseignante qui est investiguée, au niveau de celle des élèves ou au niveau d'activité plus générique décrite comme idéale.

Les propos échangés par les participant-es montrent une appropriation de la distinction entre description, interprétation et évaluation et une capacité à formuler des points de vue à chacun de ces niveaux, capacité travaillée à la première phase de l'enquête. Les transformations proposées procèdent ainsi d'une entreprise de problématisation (Dewey, 1993) consistant à : a) identifier les différents éléments ainsi que leurs relations qui rendent la situation instable et contradictoire – les éléments qui ne « tiennent » pas ensemble ; b) à proposer une restructuration de cette situation ; c) à mettre en œuvre cette restructuration (aboutissant soit à des pratiques validées, soit à des pratiques encore à développer) (Lussi Borer & Muller, à paraître).

Dans cette deuxième autoconfrontation collective apparaît également une double comparaison dans les interprétations proposées par les enseignant-es du secondaire en formation initiale (EEF) : une comparaison avec les extraits visionnés lors de la première autoconfrontation collective et une comparaison des extraits des différent-es EEF entre eux et elles. C'est ainsi une mise en relation des activités les unes par rapport aux autres qui opère ce que nous avons repéré et thématiqué comme différences *intra-* et *inter-*activités dans d'autres de nos recherches (Lussi Borer & Muller, 2018). Nous observons ainsi des phénomènes récurrents au sein des enquêtes collaboratives, à savoir :

1. Des processus d'engagement mimétique et d'expérience fictionnelle créant des satisfactions/insatisfactions.
2. Des échanges amenant les EEF à identifier les règles et normes qui sous-tendent leur activité (« être rigoureux avec la notation mathématique », « avancer dans le programme »), leur permettant d'explicitier des normes jusqu'alors implicites.
3. Cette mise en mouvement des normes permet également de juger de manière plus informée du déroulement effectif des séances de classe : prise en considération de l'engagement des élèves dans le travail par rapport à ce que les enseignant-es en attendent, importance de la préparation et structuration du travail de correction.

Figure 1⁶. Mise en relation et interprétation des verbatims présentés dans le tableau 1.



La contradiction se situe entre ce que j'ai fait (toujours) et ce que je voulais, pouvais et devais faire.

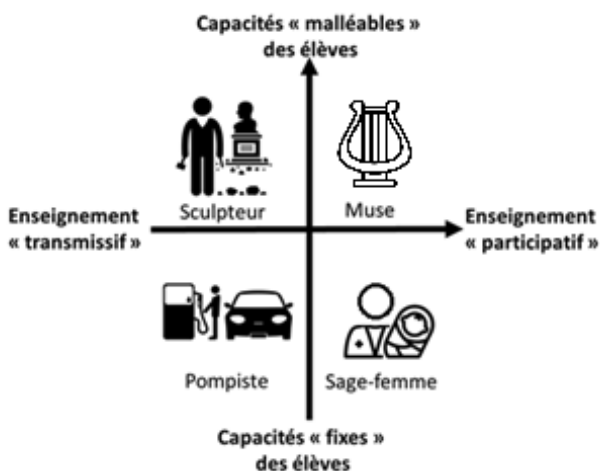
6. Ce schéma a été réalisé avec l'aide de Marcos Maldonado que nous remercions ici.

Entrée cognitive

Dans la première tâche, nous cherchons à dégager quelle(s) métaphore(s) conceptuelle(s) structure(nt) les conceptions qu'un-e enseignant-e a de l'apprentissage et de l'enseignement. Un certain nombre d'inférences quant aux pratiques pédagogiques peuvent découler de chaque métaphore. Ainsi dans la deuxième tâche nous cherchons à observer des critères convergeant vers les prédictions réalisées à partir de la métaphore observée, c'est-à-dire à établir quelle attitude est associée à quelle métaphore conceptuelle en calculant les corrélations.

L'interprétation des réponses des enseignant-es aux questions ouvertes de la première tâche se fait à travers deux axes d'analyse (Gvozdic & Sander, en préparation). Le premier porte sur la transmissivité de l'enseignement, allant d'un enseignement « transmissif » à un enseignement « participatif ». Le deuxième porte sur la perception de la malléabilité de l'intelligence des élèves en fonction des apprentissages, caractérisant des élèves comme ayant des capacités « malléables » et des capacités « fixes ». Une métaphore conceptuelle décrivant le rôle de l'enseignant-e est associée à chaque quadrant (fig. 2). Cette grille d'analyse à travers les métaphores conceptuelles permet de procéder à la catégorisation des définitions proposées par les participant-es, sachant qu'il a au préalable été établi comment les attributs listés dans les associations libres se projettent sur les quatre quadrants. En s'appuyant sur le placement des associations libres, deux codeurs catégorisent ensuite dans ces quadrants les définitions proposées par les participant-es.

Figure 2. Les métaphores conceptuelles qui incarnent les différentes conceptions à propos de l'enseignement et l'apprentissage.



Dans un deuxième temps, nous procédons au calcul des scores moyens à chaque item sur la deuxième tâche. Les réponses des participants sont notées de -3 à +3, représentant les deux attitudes opposées. Ensuite, nous procédons à l'analyse corrélacionnelle entre les métaphores conceptuelles de la première tâche et les scores sur les différents items sur la seconde tâche. Cela permet de montrer si les prédictions concernant les attitudes des participant·es sur la première tâche sont bien observées sur les échelles standardisées. Enfin, à travers l'expérimentation par amorçage, nous nous attendons à observer un effet de la métaphore qui était utilisée comme amorce sur les réponses aux items de la deuxième tâche.

Nous considérons maintenant deux exemples de profils. Pour un participant qui conceptualise le métier d'enseignant·e à travers la métaphore de la « muse », on voit les exemples de définitions suivantes : pour enseigner « Transmettre des compétences et des savoirs à des personnes. Ça peut aussi être guider et aider les apprenants à développer leurs propres compétences et savoirs latents » ; pour apprendre « C'est aller au-delà de nos conceptions et savoirs antérieurs pour en acquérir d'autres à travers des apprentissages, la remise en question de nos savoirs antérieurs et le développement de nos compétences latentes. ». Les mots des associations libres qui ont aidé à catégoriser ces définitions comme reflétant la métaphore d'une muse sont « guider », « entraîner », « faire comprendre », « inculquer » pour l'enseignement, « se demander », « développer », « maîtriser », « questionner » pour l'apprentissage et « attentif », « appliqué », « éveillé », « curieux » pour les qualificatifs d'élèves. Lorsqu'on dégage ce profil, on s'attend sur la deuxième tâche à observer une corrélation avec des scores qui seraient plus favorables aux louanges orientées sur les processus mis en place, à un enseignement favorisant la maîtrise qui concevrait l'erreur comme une source de progrès et verrait l'intelligence comme quelque chose de malléable. Lorsque nous procédons à l'amorçage avec un texte qui instancie cette métaphore de la muse, on s'attend à observer les mêmes scores sur cette deuxième tâche. Notamment on s'attend à ce que ces scores diffèrent significativement des scores obtenus à la deuxième tâche lorsqu'on présentait une autre condition expérimentale, c'est-à-dire un texte qui exemplifie une différente métaphore.

Un participant dont la conception d'un·e enseignant·e est considérée comme étant structurée par la métaphore d'un « pompiste » propose qu'enseigner c'est « transmettre des connaissances, gérer une classe, préparer des cours, faire de la discipline, aider les élèves dans leurs tâches » ; et apprendre « savoir transposer son savoir pour qu'il soit accessible pour les élèves et qu'ils arrivent à l'intégrer ». Les mots des associations libres qui ont aidé à catégoriser ces définitions comme reflétant la métaphore d'un pompiste sont « transmettre », « faire de la discipline », « planifier » et « éduquer » pour l'enseignement, « acquérir », « entraîner », « recevoir », « être informé de » pour l'apprentissage et « brillant », « motivé », « organisé » et « scolaire » pour les qualificatifs d'élèves. Pour ce profil, on s'attend à ce que dans la deuxième

tâche l'on observe une corrélation avec des scores qui seraient plus favorables aux compliments adressés à la personne, à un enseignement favorisant des performances, concevrait l'erreur comme un obstacle et verrait l'intelligence comme quelque chose de fixe. Comme dans le cas précédent, on s'attend à observer un effet d'amorçage – que les scores à la deuxième tâche vont être les mêmes lorsqu'on présente aux participant·es un texte qui instancie la métaphore du pompiste et qu'ils vont différer significativement des autres conditions expérimentales.

Des résultats incompatibles ou complémentaires ?

Dans cet article nous envisagions initialement de mener une analyse croisée des données recueillies par les deux études afin d'explicitier les points de convergence et de tension. Cependant, force est de constater que les outils dont chaque entrée dispose pour l'analyse se prêtent difficilement à l'exploitation des données de l'autre. L'obstacle rencontré par l'approche adoptée dans l'étude AFORDENS lors de l'interprétation des données recueillies par l'étude *Metaphors & Mindsets* réside notamment dans le fait que ces données reflètent des profils d'enseignant·es en formation « statiques » qui ne permettent pas de les traiter sous l'angle des transformations. Même si les données ont été collectées à deux moments (avant et après des séances d'autoconfrontation par exemple), elles ne sont pas articulées à une activité concrète en classe. En retour, l'application des outils d'analyse utilisés dans l'étude *Metaphors & Mindsets* sur l'étude AFORDENS n'est pas envisageable à cause de l'effectif réduit des participant·es mais surtout car les échanges entre les enseignant·es ne fournissent pas d'éléments de discours permettant d'interpréter leurs conceptions de l'apprentissage des élèves. Pour faire ressortir les métaphores conceptuelles qu'ont les enseignant·es, il semble effectivement nécessaire d'avoir recours à des questions ciblées.

Il existe toutefois une dimension d'analyse qui ressort des deux corpus de données et qui porte sur la conception que les enseignant·es ont de l'enseignement. Nous constatons que tout au long de la deuxième autoconfrontation collective, la tension entre une conception de l'enseignement à orientation transmissive *versus* à orientation participative est présente dans les échanges. De même, les élèves sont constamment évoqué·es par les enseignant·es qui mettent leur activité en relation avec la leur, mais ne débattent ni sur leurs conceptions de l'apprentissage des élèves, ni sur les conceptions que les élèves expriment par rapport aux apprentissages attendus. Cela amène à penser que ces sujets ne sont pas abordés spontanément dans les échanges entre enseignant·es et que pour les appréhender, il faudrait délibérément orienter l'objet d'enquête sur ce sujet. Pour un travail conjoint des deux entrées, il s'agirait donc de concevoir une recherche commune d'envergure pour constituer un corpus permettant d'effectuer une telle interpréta-

tion croisée qui tient le processus de cognition comme conjoint de l'activité (Albero, Guérin, & Watteau, 2019, p. 110).

Un autre point commun s'esquisse autour d'une question partagée par les deux études : comment accéder à l'implicite pour faire ressortir les conceptions ? Chaque étude propose une manière d'y accéder qui est complémentaire à celle de l'autre.

Les enquêtes collaboratives menées dans une entrée activité constituent un espace favorisant l'émergence de l'implicite : la confrontation à l'activité réelle entre pair-es avec pour objet celui que le collectif se donne permet de discuter sur des situations de travail authentiques et de mettre à jour les préoccupations des enseignant-es ainsi que la manière dont on les traite en situation. Ce faisant les enquêtes donnent à voir des implicites qui ont un espace pour être identifiés voire questionnés.

Nos recherches antérieures montrent une forte référentialité des EEF à des activités exemplaires (Lussi Borer, Flandin, & Muller, 2018), témoignant de l'importance de la manifestation de leurs conceptions, normes et valeurs lors du visionnement de films. Par ailleurs, lors d'échanges spontanés entre des EEF peu guidés par un-e facilitateur-riche sur des films ramenant l'activité de classe, la thématization de l'activité s'opère majoritairement au niveau concret – soit au niveau de ce qui se passe concrètement, soit au niveau de ce qui détermine concrètement ce qui se passe (contextualisations ou organisateurs de l'activité) – et peu au niveau des vécus subjectifs, des émotions ou des préoccupations. Les catégories relevant de jugements ou d'évaluation sont assez présentes alors que d'autres modalités possibles de réalisation de l'activité sont peu évoquées (Muller & Lussi Borer, 2016). Avec un objet d'enquête peu défini et sans guidage lors du visionnement des films, les EEF restent donc proches du « commentaire » de leur activité filmée, donnant parfois à voir leurs conceptions et/ou normes, mais sans qu'elles deviennent un objet de travail suscitant du développement. La recherche exploratoire présentée suggère qu'un espace conçu pour l'accompagnement de projets de transformation de l'activité à partir d'un objet précis et partagé (les corrections d'exercices en mathématiques), recourant à un artéfact (visionnement de trois films sur cet objet successivement) et à des modalités d'accompagnement (premiers films et analyse collective, projections de modalités possibles de réalisation de l'activité, deuxièmes films et analyse collective) permet de multiplier les comparaisons entre les premières et secondes activités analysées ainsi qu'entre les activités des pair-es. Ces différentes comparaisons mettent à jour les implicites liés à l'activité en confrontant les participant-es au différentiel entre leurs intentions et les activités effectivement réalisées.

Les tests mis en place dans le cadre d'une entrée cognitive offrent un accès différent à l'implicite : la construction de questionnaires spécifiques permet aux participant-es de se prononcer sur les objets de l'étude

qu'amènent les chercheur-euses. Un présupposé de cette entrée est que nous n'avons pas accès à l'intégralité de nos conceptions de manière consciente à tout moment. Il est donc important de prendre garde aux seules déclarations des participant-es pour établir les liens entre les pensées et les comportements. Cette entrée ne considère pas que les autodéclarations sont toujours erronées mais que leur degré de précision est incertain et peut être fondé sur des informations différentes des véritables causes du comportement (Nosek, Hawkins, & Frazier, 2011). Suivant cette perspective, dans l'étude exposée, nous ne nous sommes pas contenté-es de laisser les participant-es exprimer librement leur conception sur le métier d'enseignant-e. À la place nous avons déterminé les conditions expérimentales et ciblé des questions portant sur nos objets de recherche auxquelles nous avons associé les déclarations des participant-es lors de tâches relevant de mesures implicites qui permettent de réinterpréter leur discours. Par ailleurs, pour comprendre quelles sont les attitudes envers différentes pratiques pédagogiques qui découlent de chaque conception, nous avons eu recours à des questionnaires qui adoptent un format de test standardisé. Les propositions utilisées dans ces questionnaires proviennent d'études antérieures réalisées auprès d'échantillons conséquents et ayant fait l'objet d'une validation psychométrique. Ce sont notamment des questionnaires qui ont de bons indices de validité, ce qui garantit qu'ils mesurent bien les concepts qu'ils sont censés mesurer et que les scores obtenus reflètent les interprétations proposées. En offrant d'expliquer la pensée des participant-es, ces différentes propositions permettent de dévoiler les implicites liés aux conceptions mobilisées.

Conclusion : des pistes de réflexion pour la formation des enseignant-es

Les recherches en sciences cognitives et sur l'analyse de l'activité ont donc chacune leur champ scientifique propre et peu d'occasions de se rencontrer. Notre contribution, qui soulève l'importance de la place des processus de conceptualisation dans les formations à l'enseignement, montre toutefois que sciences cognitives et analyse de l'activité gagnent à s'associer pour appréhender les conceptions qui sont mobilisées dans les pratiques des enseignant-es et dans leur développement professionnel. Capitaliser sur la complémentarité des études contextualisées et décontextualisées pour concevoir des espaces favorables à l'expression des conceptions, au débat et au suivi de leurs transformations et des pratiques des EEF semble une piste prometteuse. Celle-ci contribuerait à récolter des données et faire des analyses croisées permettant à la fois de mieux appréhender l'évolution conjointe de l'activité et des conceptions qui la sous-tendent, ainsi que de fournir des pistes sur l'accompagnement de ces transformations en formation. Se pose encore la question de savoir comment mobiliser un dispositif d'enquête collaborative sur l'activité

pour travailler sur les conceptions que les EEF ont des apprentissages des élèves. Comment les amener à s'intéresser à ce sujet qui n'est pas à priori un sujet prioritaire dans leurs échanges ? Les EEF prennent en compte la relation aux élèves mais davantage au niveau des interactions, comportements et de l'accès aux objets de savoir qu'au niveau de la compréhension des obstacles liés aux conceptions de l'apprentissage.

De telles analyses nous apparaissent aujourd'hui prioritaires pour faire des conceptions des enseignant-es en formation à la fois des dimensions à prendre en compte pour les formateurs-rices et des objets d'apprentissage et de développement professionnel pour les enseignant-es. Avec les évolutions actuelles du système scolaire vers une école inclusive, il importe de savoir quelles conceptions sous-tendent les pratiques professionnelles, de savoir pourquoi certaines induisent les enseignant-es en erreur et de pouvoir les remettre en question.

Un enjeu pour la recherche en sciences de l'éducation serait donc de développer des outils donnant à voir les conceptions des enseignant-es et de construire des dispositifs de formation à même d'accompagner leurs évolutions tout au long de la formation conjointement avec l'analyse des pratiques. Des questionnaires tels que ceux proposés par la recherche *Metaphors & Mindsets* pourraient constituer des supports à double usage : à la fois à des fins de recherche pour produire des données scientifiques sur les conceptions ; à la fois à des fins de formation pour les restituer aux enseignant-es en formation dans le cadre d'un dispositif qui pourrait les accompagner à questionner leurs réponses en regard des typologies constituées. Notons également qu'une meilleure connaissance du public des formé-es serait utile aux formateur-rices pour pouvoir prendre en compte les conceptions d'apprentissage des formé-es et questionner les leurs.

En plus de développer des outils utiles à la formation des enseignant-es, les sciences cognitives pourraient également bénéficier d'une articulation avec l'analyse de l'activité sur le plan des recherches fondamentales, tout en restant fidèle à leurs objets d'études. Même si elles sont moins centrées sur les transpositions pédagogiques des méthodologies qu'elles avancent, le cadre proposé par l'entrée activité donnerait un contexte écologique dans lequel la structure des conceptions pourrait être étudiée. Par exemple, lorsqu'on s'intéresse aux conceptions des enseignant-es dans une entrée cognitive, on considère qu'il y a une cohérence conceptuelle dans les réponses des participant-es selon les métaphores mobilisées. Cependant, comme l'entrée activité le met également en lumière, on perçoit souvent un décalage entre ce que les enseignant-es déclarent vouloir faire et ce qu'ils et elles font dans la classe. Comme le montrent Walkoe, Sherin, et Elby (2020), les cadres interprétatifs (*interpretative frames*) mobilisés par les enseignant-es sont assimilables à des *mindsets* à travers lesquels les enseignant-es identifient et interprètent ce qui fait sens dans l'activité de classe visionnée

mais qui prédisent également ce à quoi les enseignant-es vont être attentifs dans l'activité de classe. Les sciences cognitives partent du postulat qu'un-e enseignant-e peut aller au-delà d'une conception première et que différentes conceptions sont mobilisables selon ce qui est le plus pertinent dans une situation donnée. Toutefois, à part des méthodologies basées sur l'amorçage, les sciences cognitives ne disposent pas de réels moyens pour observer quel contexte mobilise quelle conception. Ainsi le cadre qui peut être fourni par les enquêtes collaboratives peut permettre aux sciences cognitives d'étudier les conceptions telles qu'elles se manifestent dans les actions concrètes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Albero, B., Guérin, J. & Watteau, B. (2019). Comprendre la relation entre influences de l'environnement et activité : questionnements théoriques et enjeux praxéologiques. *Savoirs*, 49(1), 103–124.
- Argyris, C., & Schön, D. (1974). *Theory in practice : Increasing professional effectiveness*. San Francisco : Jossey-Bass.
- Bowdle, B. F., & Gentner, D. (2005). The career of metaphor. *Psychological Review*, 112(1), 193–216.
- Dewey, J. (1993). *Logique : la théorie de l'enquête* (trad. par G. Deledalle). Paris : PUF.
- Durand, M. (2014). Quelques avancées pratiques et conceptuelles liées à la conception et l'usage de la plateforme Néopass@ction en formation des enseignants. *Recherche et formation*, 75.
- Dweck, C. S. (1999). *Self-theories : Their role in motivation, personality and development*. Philadelphie : Psychology Press.
- Flandin, S., Leblanc, S., & Muller, A. (2015). Vidéoformation « orientée-activité » : quelles utilisations pour quels effets sur les enseignants ? In V. Lussi Borer, M. Durand & F. Yvon (Éds.), *Analyse du travail et formation dans les métiers de l'éducation* (Raisons éducatives n° 19, pp. 179–198). Louvain-la-Neuve : De Boeck.
- Gvozdic, K., & Sander, E. (2018). When intuitive conceptions overshadow pedagogical content knowledge : Teachers' conceptions of students' arithmetic word problem solving strategies. *Educational Studies in Mathematics*, 98(2), 157–175. <https://doi.org/10.1007/s10649-018-9806-7>
- Gvozdic, K., & Sander, E. (en préparation). Les métaphores enseignantes des processus d'enseignement et d'apprentissage. Dans S. Morel, J.-P. Payet & E. Sander (Éds.), *Théories explicites et implicites de l'apprentissage chez les enseignants : questionnements croisés de chercheurs en éducation*. Berne : Peter Lang.
- Haimovitz, K., & Dweck, C. S. (2017). The origins of children's growth and fixed mindsets : New research and a new proposal. *Child Development*, 88(6), 1849–1859.

- Hofstadter, D. R., & Sander, E. (2013). *Surfaces and essences : Analogy as the fuel and fire of thinking*. New York : Basic Books.
- Holyoak, & Thagard, P. (1995). *Mental leaps : Analogy in creative thought*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Jonsson, A.-C., & Beach, D. (2012). Predicting the use of praise among pre-service teachers : The influence of implicit theories of intelligence, social comparison and stereotype acceptance. *Education Inquiry*, 3(2), 259–281.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (2003). *Metaphors we live by*. Chicago : The University of Chicago Press.
- Leblanc, S. (2014). Des dispositions concurrentes pour mener un entretien post-leçon : Étude des effets d'un contexte d'entretien « innovant ». In I. Plazaola Giger & A. Muller (Éds.), *Dispositions, travail et formation* (pp. 53–75). Toulouse : Octarès.
- Lussi Borer, V., Durand, M., & Yvon, F. (Éds.) (2015). *Analyse du travail et formation dans les métiers de l'éducation* (Raisons éducatives n° 19). Bruxelles : De Boeck.
- Lussi Borer, V., Flandin, S., & Muller, A. (2018). Referentiality in secondary teachers' video observation of others' teaching. *Contemporary Issues in Technology & Teacher Education* [En ligne], 18(1). <http://www.citejournal.org/volume-18/issue-1-18/general/referentiality-in-secondary-teachers-video-observation-of-others-teaching>
- Lussi Borer, V., & Muller, A. (2016). L'enquête collaborative comme démarche de transformation de l'activité d'enseignement : de la formation initiale à la formation continuée. In V. Lussi Borer & L. Ria (Éds.), *Apprendre à enseigner* (pp. 193–207). Paris : PUF.
- Lussi Borer, V., & Muller, A. (2018). Analyse de l'activité, environnements de vidéo-formation et développement professionnel des enseignants. Différences intra et inter-activités : le possible, le réel et le virtuel. In C. Gaudin, S. Moussay, S. Flandin & S. Chaliès (Éds.), *Vidéoformation et développement de l'activité professionnelle enseignante* (pp. 95–116). Paris : L'Harmattan.
- Lussi Borer, V., & Muller, A. (à paraître). Concevoir des dispositifs de formation centrés sur les dispositions à agir : quelles ruptures avec la notion de compétence ? In S. Chaliès & V. Lussi Borer (Éds.), *Activité et compétence en tension dans le champ de la formation professionnelle en alternance*. Toulouse : Octarès.
- Midgley, C., Kaplan, A., Middleton, M., Maehr, M. L., Urdan, T., Anderman, L. H., ... Roeser, R. (1998). The development and validation of scales assessing students' achievement goal orientations. *Contemporary Educational Psychology*, 23(2), 113–131.
- Muller, A., & Lussi Borer, V. (2016). Initier une enquête collaborative orientée activité : travail du formateur et des formés. *Travail et Apprentissage*, 1(17), 58–80.
- Nosek, B. A., Hawkins, C. B., & Frazier, R. S. (2011). Implicit social cognition : From measures to mechanisms. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(4), 152–159.

- Olson, D. R., & Bruner, J. S. (1996). Folk psychology and folk pedagogy. In D. R. Olson & N. Torrance (Éds.), *Handbook of education and human development : New models of learning, teaching and schooling* (pp. 9–27). Cambridge, MA : Blackwell.
- Patchen, T., & Crawford, T. (2011). From gardeners to tour guides : The epistemological struggle revealed in teacher-generated metaphors of teaching. *Journal of Teacher Education*, 62(3), 286–298.
- Rosch, E. (1978). Principals of categorization. In E. Rosch & B. B. Lloyd (Éds.), *Cognition and categorization* (pp. 27–48). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Sander, E. (2000). *L'analogie, du naïf au créatif*. Paris : L'Harmattan.
- Schwartz, Y. (2007). Un bref aperçu de l'histoire du concept culturel d'activité. *Activités*, 4(2), 122–133.
- Sfard, A. (1998). On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher*, 27(2), 4–13.
- Sherin, M. G., & van Es, E. A. (2005). Using video to support teachers' ability to notice classroom interactions. *Journal of Technology and Teacher Education*, 13(3), 475–491.
- Sherin, M. G., & Russ, R. S. (2014). Making sense of teacher noticing via video. In B. Calandra, & P. Rich (Éds.), *Digital video for teacher education : Research and practice* (pp. 3–20). New York : Routledge.
- Shtulman, A. (2017). *Scienceblind. Why our intuitive theories about the world are so often wrong*. New York : Basic Books.
- Stiegler, B. (2010). *Philosopher par accident*. Paris : Galilée.
- Thibodeau, P. H., & Boroditsky, L. (2011). Metaphors we think with : The role of metaphor in reasoning. *Plos One*, 6(2), e16782. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016782>
- Tobin, K., & Tippins, D. J. (1996). Metaphors as seeds for conceptual change and the improvement of science teaching. *Science Teacher Education*, 80(6), 711–730.
- Walkoe, J., Sherin, M., & Elby, A. (2020). Video tagging as a window into teacher noticing. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 23, 385–405.
- Zaccaï-Reyners, N. (2005). Fiction et typification : contribution à une approche théorique de la transmission de l'expérience. *Methodos*, 5.

Notices biographiques

Katarina Gvozdic est maître assistante dans l'équipe « Instruction, Développement, Éducation, Apprentissage » (IDEA) à l'Université de Genève. Ses recherches portent sur le développement conceptuel des élèves et des enseignant-es et se situent dans une perspective cognitive et développementale. Ses travaux articulent les questions d'apprentissage et de développement dans les interventions scolaires et la formation des enseignant-es.

COURRIEL : KATARINA.GVOZDIC@UNIGE.CH

Valérie Lussi Borer est professeure responsable de l'équipe « Apprentissage, formation et développement professionnels dans les métiers de l'enseignement » (AFORDENS) à l'Université de Genève. Ses recherches portent sur l'analyse de l'activité enseignante et l'usage de la vidéo pour la formation et le développement professionnels ainsi que sur la professionnalisation des formations à l'enseignement primaire et secondaire dans une perspective sociohistorique.

COURRIEL : VALERIE.LUSSI@UNIGE.CH

Liens entre éducation et cognition en fonction de l'évolution des concepts de recherche selon deux bases de données : Web of Science (WOS) et Didactique et acquisition du français (DAF)

Liliane Sprenger-Charolles

CNRS et Aix-Marseille Université

RÉSUMÉ – Cet article examine, d'une part, ce qui permet d'attester qu'une étude est scientifique et, d'autre part, à quelle époque ont émergé les recherches issues des domaines de l'éducation et de la cognition, à partir de l'examen de deux bases de données : DAF (Didactique et acquisition du français langue maternelle) et le WoS. DAF a été élaborée par des chercheurs francophones québécois (Université de Montréal), français (Institut national de recherche pédagogique), belges et suisses. Le WoS recense les articles publiés dans des revues à comité de lecture, principalement internationales. Pour répondre à la première question, la typologie des recherches élaborée pour DAF est examinée et confrontée à celle issue du WoS avec une dimension historique. Pour répondre à la seconde question, après la présentation de quand et comment ont émergé les sciences cognitives d'après un des fondateurs de cette discipline (George Miller), l'évolution de ce champ disciplinaire et de celui de l'éducation est examiné ainsi que les sous disciplines auxquelles ils sont respectivement rattachés. L'article se termine par l'examen d'un domaine dans lequel les imbrications entre sciences de la cognition et de l'éducation sont fortes (celui de l'apprentissage de la lecture) avec un état des lieux de la recherche dans ce domaine et un examen de ce qui semble être un frein à sa diffusion dans le monde des praticiens de l'éducation.

MOTS CLÉS – sciences de la cognition, sciences de l'éducation, typologie des recherches, recherche-action, recherche expérimentale, recherche descriptive, recherche interventionnelle, étude de cas, simulations, méta-analyses, apprentissage de la lecture, revue à comité de lecture

Historique des conceptions de la recherche à partir de DAF et du WoS

Pour établir un inventaire des recherches, il est nécessaire de se poser la question des critères permettant de séparer ce qui est scientifique de ce qui ne l'est pas afin de pouvoir exclure, par exemple, les discours normatifs et prescriptifs. Pour cela, vu qu'il n'était pas possible, au moment où le projet DAF a été développé, de s'appuyer sur ce qui est défini comme étant une recherche sur la base d'un support électronique recensant les études publiées dans des revues à comité de lecture, une seule solution était envisageable : élaborer une typologie des recherches qui servira de filtre. Dans ce cadre, sont uniquement considérées comme étant des recherches celles pouvant s'intégrer dans cette typologie.

Sources de communication des informations scientifiques utilisées

Web of Science (WoS)

Le web s'est mis en place au début des années 1990 et le Web of Science (WoS)¹, qui est la base de données de référence des chercheurs au niveau international, à partir de 1997. Le WoS est un portail d'information scientifique multidisciplinaire qui répertorie les publications qui ont été expertisées par des pairs et qui sont publiées dans des revues à comité de lecture. Ces revues sont les supports de communication des informations scientifiques les plus fiables. En effet, les articles contenant des informations douteuses, comme ceux sur la mémoire de l'eau (publié dans la revue *Nature* en 1988) ou sur la Covid-19 (publié le 22 mai 2020 dans le *Lancet* et retiré le 4 juin)² restent exceptionnels. Les publications dans ces revues sont utilisées pour évaluer les projets de recherche et les carrières des chercheurs à travers le monde.

Il existe d'autres supports (Gentaz, 2019) : les journaux scientifiques pour professionnels qui présentent les nouveaux travaux, ou des synthèses, des publications issues des revues à comité de lecture ; les magazines ou jour-

1. Le WoS, d'abord édité par l'Institute for Scientific Information du groupe canadien Thomson Reuters, l'est maintenant par Clarivate : <https://www.webofscience.com/wos>. À la différence de Scopus, qui appartient au groupe Elsevier, le WoS n'est pas la propriété d'une maison d'édition. Il donne accès à plusieurs bases de données : Social Sciences Citation Index ; Arts & Humanities Citation Index ; Science Citation Index Expanded.

2. Selon cette étude, les données rétrospectives de 15 000 malades ayant pris un traitement à base de chloroquine (sur 96 000 malades répartis dans 600 hôpitaux des six continents) indiquaient 20 % à 35 % de mortalité en plus. En fait, si les effets néfastes de la chloroquine ont été par la suite confirmé par d'autres études, les données de celle du 22 mai n'étaient pas valides et l'article a été retiré de la liste des publications par le comité du Lancet. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31180-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31180-6)

naux scientifiques à large diffusion ainsi que les livres (individuels ou collectifs), qui sont destinés soit aux professionnels, comme les revues de même type, soit au public des magazines scientifiques. Enfin, et cela complexifie le tableau, Facebook, un des réseaux sociaux qui diffuse de nombreuses informations sur la recherche, a été créé en 2004.

Ainsi, dans un passé récent, les informations scientifiques ne circulaient que sur papier dans la communauté des chercheurs. Depuis peu, elles sont plus largement accessibles à tous via de nombreux supports. Cet état de fait ne facilite pas la tâche des professionnels du domaine de l'éducation, qui doivent sélectionner, parmi les connaissances scientifiques dont ils ont besoin pour accompagner leur pratique, celles qui sont les plus fiables.

Inventaire des recherches sur l'enseignement et l'apprentissage de français

La question du statut scientifique des travaux dans le domaine de l'éducation a été au cœur du projet DAF qui a débuté au milieu des années 1980 avec pour objectif la mise en place d'un inventaire informatisé des recherches en didactique et acquisition du français langue maternelle. Les résultats ont été diffusés dans cinq volumes ainsi que via le Minitel. Le volume 1 a deux tomes : le premier (Gagné, Lazure, Sprenger-Charolles, & Ropé, 1989a) présente le cadre conceptuel, le lexique et la liste des mots clés ; le second (Gagné, *et al.*, 1989b) contient l'inventaire des recherches de 1979 à 1984. Des actualisations de cet inventaire ont été publiées ultérieurement (Gagné, Sprenger-Charolles, Lazure, & Ropé, 1990 ; Gagné, Pastiaux-Thiriati, Lazure, & Sprenger-Charolles, 1991 ; Gagné, Lazure, & Pastiaux-Thiriati, 1993)³.

Ce travail a été réalisé sous la direction de Gilles Gagné (Université de Montréal) et Liliane Sprenger-Charolles (Institut national de recherche pédagogique [INRP])⁴, en partenariat avec la Belgique (Centre d'études et de documentation pour l'enseignement du français de l'Université Notre-Dame de la Paix, Namur) et la Suisse (Institut romand de recherche et de documentation pédagogique, Neuchâtel). Il était destiné aux professionnels de l'éducation (enseignants, cadres). À partir de cet inventaire, des synthèses de l'état de la recherche sur l'enseignement du français langue maternelle ont été publiées, certaines d'un point de vue linguistique et historique (Bronckart, Gagné, & Ropé, 1991) ou sociologique (Ropé, 1989), d'autres sur des domaines spécifiques de cette discipline : par exemple, l'enseignement de l'orthographe (Jaffré, 1992) et celui des textes et documents (Pastiaux-Thi-

3. Plus de 4 000 articles, actes, ouvrages, thèses et rapports publiés de 1970 à 1991 en Belgique, au Canada, en France et en Suisse ont été répertoriés. Voir https://www.persee.fr/doc/airdf_1260-3910_1993_num_13_1_1119_t1_0033_0000_6

4. À partir de 1990 cette étude a été prise en charge, pour la partie française, par Georgette Pastiaux-Thiriati, puis au départ de cette dernière en 1993, par Sylvie Plane.

riat, 1990). DAF a aussi été utilisé dans *La maîtrise de la langue à l'école*, publié en 1992 par le Ministère français de l'éducation⁵.

Typologie des recherches retenue pour DAF

Pour repérer les différents types de recherches, les auteurs de DAF se sont appuyés sur des travaux de référence issus de différents pays, anglophones ou non :

- Pour les pays anglophones : Bailey (1982), Cohen & Magnon (1980), Cook & Lafleur (1975), Galfo (1982), Good (1972), Koul (1984), Mouly (1978), Van Dalen (1979).
- Pour les pays non anglophones : en plus de Piaget (1969 et 1970), De Buyne, Herman, & De Schoutheete (1974), De Landsheere (1986), Malmquist & Grundin (1975), Association des enseignants et chercheurs en sciences de l'éducation ([AECSE], 1984).

Selon ces différents auteurs, il est possible de distinguer trois à sept types de recherches (tableau 1).

D'après ce tableau, l'accord entre les auteurs des ouvrages consultés pour le projet DAF (cf. la légende du tableau 1) est général (ou presque) pour trois types de recherches : la recherche expérimentale, qui arrive en 1^{re} position, suivie par les recherches descriptive et historique. Les autres types de recherches sont signalés par peu d'auteurs. S'il n'est pas tenu compte des recherches corrélatives, qui sont définies par la méthode statistique utilisée, de même que les études prédictives (analyse des corrélations ou des régressions), trois types d'études sont considérées par plus d'un de ces auteurs : deux descriptives (l'étude de cas et l'analyse de contenu) et la recherche-action. Enfin, l'étude interventionnelle et les simulations ne sont mises en relief que par un seul auteur et les revues de littérature par aucun.

La partie suivante s'appuie sur le cadre conceptuel de DAF (cf. Gagné, *et al.*, 1989a) ainsi que sur un article publié antérieurement (*Proposition pour une typologie des recherches*, Sprenger-Charolles, Lazure, Gagné, & Ropé, 1987, dénommé ci-après PTR). Elle présente les définitions des principaux types de recherches retenus pour DAF : études descriptives, études expérimentales, recherche-action, simulations et revues de littérature.

Recherches descriptives

Selon Van Dalen (1979), on relève deux grandes catégories d'études descriptives : les *explanatory descriptive studies* et les *status descriptives*. Dans le premier cas, on est proche d'une situation expérimentale à visée explicative,

5. http://www.formapex.com/telechargementpublic/textesofficiels/1992_3.pdf

hormis le fait que les variables sont invoquées, et non manipulées par le chercheur. En revanche, dans le second cas, il n’y a pas d’invocation d’un changement mais seulement observation et typologisation des caractéristiques d’une situation. D’après certains auteurs cités pour le projet DAF (cf. PTR, 1987) :

[ce courant de recherche qualitatif] est très représentatif de certaines formes de recherches descriptives utilisées dans le domaine des sciences de l’homme, et spécifiquement en éducation (cf. Spindler, 1982 ; Mehan, 1975). Ces différents auteurs soulignent que les phénomènes sociaux, parce qu’ils sont complexes, ne peuvent être expliqués par des relations causales. Seule est possible l’étude de ces systèmes complexes, en profondeur, de façon globale, à partir de l’analyse la plus exhaustive possible d’une seule situation : il vaut mieux avoir une bonne connaissance d’une seule situation qu’une vision superficielle, forcément biaisée et induisant des interprétations sujettes à caution, construite sur la base d’observations parcellaires, récoltées dans plusieurs situations. (pp. 54–55)

Trois autres sous-types de recherches descriptives ont été intégrés dans l’inventaire DAF :

- *L’étude de cas*, définie comme étant l’observation en profondeur d’un individu, ou d’un groupe. Elle peut être qualitative (démarche ethnométhodologique utilisée en sociologie) ou quantitative (les études de cas de la neuropsychologie).
- *L’enquête* (ou *survey*) qui consiste à recueillir des données sur un domaine précis à partir d’un échantillon (supposé représentatif) de la population cible à l’aide de questionnaires ou d’entrevues.
- *L’analyse de contenu* qui est définie comme étant « une étude objective, systématique et quantitative du contenu manifeste de l’information, dans ses aspects thématiques ou autres » (PTR, 1987, p. 56).

Recherches expérimentales

Certains des auteurs cités dans DAF (De Landsheere, 1982 ; Mouly, 1978 ; Piaget 1969, 1970) parlent de l’expérimentation au sens large, incluant les observations systématiques, alors que d’autres (Travers, 1978 ; Van Dalen, 1979) utilisent cette terminologie seulement en référence à la méthode expérimentale telle qu’elle est mise en œuvre dans les sciences de la nature, ce qui n’est pas possible dans les sciences de l’homme, que ce soit dans le domaine de la santé ou celui de l’éducation. En effet, l’expérimentateur ne peut pas, pour des raisons déontologiques évidentes, provoquer certaines transformations. Ainsi :

On ne peut rendre un enfant sourd pour vérifier l’effet de la surdité par rapport à certaines hypothèses concernant, par exemple, l’apprentissage de la lecture. Leon et al. (1977, p. 97) qualifie ce type de recherche de *Recherche par observation planifiée* et constate que si le chercheur n’a pas manipulé la variable indépendante

Tableau 1. Types de recherches signalés dans des ouvrages de référence (adapté de Gagné, et al., 1989a).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	Total des citations	Classement
Recherche expérimentale	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	1
Recherche historique	X	X	X		X	X	X			X	X	X	9	3
Recherche descriptive	X	X	X		X	X							11	2
Enquête (survey)						x	x		x	x	x	x		
Observation							x		x		x	x		
Étude de cas				X				X	X	X		X	5	4
Analyse de contenu									X			X	2	7
Recherche corrélative					X	X				X	X		4	5a
Recherche prédictive							X						1	8a
Simulation								X					1	8b
Recherche-action								X	X	X		X	4	5b
Etude interventionnelle				X									1	8c
Revue de littérature													0	0

A: Bailey (1982), B: Cook & Laflour (1975), C: Galfo (1982), D: de Landsheere (1986), E: Koul (1984), F: Van Dalen (1979), G: Mouly (1978), H: De Buyne, et al., (1974), I: AECSE (1984), J: Cohen & Magnon (1980), K: Malmquist & Grundin (1975), L: Good (1972).

(la cause présumée), celle-ci se trouve être facteur de variation qui différencie les deux groupes et la recherche peut alors être qualifiée d'Expérience invoquée. De plus, des auteurs comme Boudon et Lazarsfeld (1966) soulignent que certaines analyses statistiques permettent de valider la pertinence de la variable indépendante invoquée et d'établir une véritable relation causale à partir d'un traitement statistique adéquat. (PTR, 1987, pp. 54–55)

La recherche expérimentale se définit par quatre conditions spécifiques (pp. 59–60) :

- La 1^{re} permet de la différencier de l'observation, l'expérimentation n'étant qu'une observation provoquée : il faut forcer les causes à agir, et donc à se dévoiler. Cependant si un changement est déjà réalisé soit naturellement, soit accidentellement, alors on pourra simplement l'invoquer pour servir de vérification à l'idée expérimentale (Bernard, 1985, p. 110).
- 2^e condition : utilisation d'un raisonnement hypothéticodéductif. Comme le signale Claude Bernard (p. 113), l'expérimentateur est celui qui en vertu d'une interprétation des phénomènes observés, plus ou moins plausible, mais anticipée, institue l'expérience de sorte que dans l'ordre logique de ses prévisions elle fournisse un résultat qui sert de contrôle à l'hypothèse de départ.
- 3^e condition : la recherche expérimentale implique l'analyse préalable de la situation, la décomposition des hypothèses, l'inventaire et la sélection de certaines variables : les *variables indépendantes*, celles qui constituent les causes présumées du changement, et les *variables dépendantes*.
- Enfin, les vérifications de la validité de l'expérience et de ses résultats constituent la 4^e condition. Elles portent sur la cohérence entre le degré de précision des hypothèses et la définition des variables, sur le contrôle des variables indépendantes, dépendantes et parasites (à priori et non *ex post facto*), ainsi que sur la nature et la quantification (par l'utilisation de tests statistiques) des résultats obtenus. Cependant, comme l'a signalé Van Dalen (1979), ces contrôles se limitent souvent aux procédures statistiques et ne portent pas suffisamment sur les prémisses théoriques. Or, si l'objectif de la recherche expérimentale est d'expliquer, l'explication ne se réduit pas à la constatation de la relation entre une cause et un effet, ni à la possibilité de généraliser cette relation. C'est la confrontation entre les prédictions issues du modèle et les transformations réelles produites expérimentalement qui permet l'explication.

Recherches-actions

Il est souligné dans l'article cible (PTR, 1987, pp. 61–62) que la plupart des auteurs consultés pour le projet DAF ne mentionnent pas (ou peu) ce type de recherches. Pour ceux qui signalent la recherche-action, la lecture de De Landsheere à plusieurs époques (1966, 1982, 1986) permet de relever diverses acceptions de ce type d'études. Ainsi en 1966, il traduit l'item *Action*

research forgé par Lewin dans les années 1930 par *Recherche opérationnelle* qui a pour objectif un changement social. En 1982, il mentionne la recherche-action comme étant la forme la plus avancée de la *recherche participante* (voir aussi Pini, 1981) et en 1986, comme Cohen & Magnon (1980), il signale que la recherche-action peut être une étude interventionnelle expérimentale, permettant, par exemple, de comparer l'efficacité de différentes méthodes d'enseignement et ainsi (en référence à Piaget, 1969) d'effectuer un choix entre les méthodes en question et d'expliquer ce choix en fonction du modèle qui était à la base de l'étude.

Pour d'autres auteurs (Bolle de Bal, 1981), cette recherche a pour vocation de relier ce que la recherche classique tend à séparer : la théorie et la pratique, le psychologique et le social, l'affectif et l'intellectuel, le savoir en train de se concevoir et la réalité en train de se construire. Enfin, Weiss (1981) et Pini (1981) considèrent la recherche-action comme étant une application critique de la nouveauté, en référence au plan de rénovation de l'enseignement du français en France (PTR, 1987, p. 62).

Il est aussi précisé dans l'ouvrage cible (p. 63) que, dans le domaine de l'éducation, la recherche-action peut porter sur deux catégories d'objets spécifiques :

- La démarche d'investigation *application en classe d'éléments théoriques*, qui se rapporte au contenu d'enseignement (qualifiée de *linguistique appliquée* dans le domaine de l'enseignement du français).
- Le développement de produits ou de techniques (Borg, 1983 ; Malmquist & Grundin, 1975 ; Van der Maren, 1984).

Simulations

Dans l'article cible (PTR, 1987, pp. 65–66), il est précisé que deux types de simulations sont à distinguer. D'une part les modèles qui simulent le réel : par exemple, les simulations du raisonnement humain ou de l'apprentissage. D'autre part, ceux élaborés à partir de l'étude d'objets ou de faits qui donnent lieu à une formalisation permettant de faire des prédictions : par exemple, les modélisations piagétienne.

Revue de littérature

Il était signalé dans l'article cible (PTR, 1987, pp. 67–68) que, dans les classifications de recherches, les études bibliographiques ou les synthèses apparaissent rarement, ce qui est dû au fait que « ces études se situent à un second niveau par rapport aux autres types de recherche, leur objet étant la recherche elle-même ». L'intégration de ces travaux dans l'inventaire DAF se justifie largement par l'explosion documentaire que nous connaissons depuis un certain temps.

Typologie des recherches : de DAF au WoS

Comparaisons entre DAF et le WoS

Le classement issu de DAF et celui provenant du WoS est présenté dans le tableau 2. Ces deux classements donnent des résultats similaires pour la recherche expérimentale, qui arrive dans les deux cas en première position, suivie par la recherche descriptive, elle-même suivie par l'étude de cas, qui est un sous-type de recherche descriptive (4^e position dans DAF et 3^e dans le WoS). La recherche historique est en 3^e position dans DAF alors qu'elle n'apparaît qu'en 6^e position dans le WoS. En outre, les revues de littérature, les simulations, les études interventionnelles et l'analyse de contenu, qui ne sont citées que par un ou deux des douze auteurs consultés pour DAF, arrivent respectivement en position 4, 5, 6 et 7 dans le WoS. À l'inverse, alors que la recherche-action est en 5^e position dans DAF, elle occupe la dernière position

Tableau 2. Types de recherches signalés dans les ouvrages de référence cités dans DAF (adapté de Gagné, et al., 1989a) et nombre de références dans le WoS.

	DAF		WoS	
	Nombre d'auteurs ayant cité les différents types d'études*	Classement	Nombre de références	Classement
Recherche expérimentale	12	1	5 734 648	1
Recherche historique	9	3	2 550 250	6
Recherche descriptive	11	2		2
Enquête (<i>survey</i>)			2 042 308	
Observation			2 041 287	
Etude de cas	5	4	3 884 978	3
Analyse de contenu	2	6	1 008 496	7
Simulation	1	7a	3 493 057	5
Recherche-action	4	5	209 337	7
Etude interventionnelle	1	7b	1 509 241	6
Revue de littérature	0		3 636 111	4

Voir dans le tableau 1 la liste des douze auteurs considérés pour DAF. A été pris en compte pour le WoS le nombre de références relevé sur l'ensemble de cette base (interrogation du 23 juillet 2020, sans restriction à un domaine de recherche).

dans le WoS. Toutefois on relève dans ce dernier un peu plus de 1 500 000 références pour une certaine forme de recherche-action (les recherches interventionnelles) qui ne sont citées que par un des auteurs pris en compte pour DAF.

Dans l'ensemble, on relève de larges similitudes entre DAF et le WoS pour certaines recherches : les recherches expérimentales et descriptives. Les principales différences entre ces deux bases concernent la recherche historique et la recherche-action (plus citées dans DAF que dans le WoS) et les revues de littérature ainsi que les études interventionnelles (plus citées dans le WoS que dans DAF).

Évolution de 1979 à 2019 des différents types de recherches d'après le WoS

Le tableau 3 indique l'évolution des recherches dans le WoS de 1979 à 2019. Il intègre un type de synthèse de la littérature qui n'apparaissait pas dans le classement DAF : les synthèses quantitatives ou méta-analyses. Ce type d'étude, qui complète les synthèses qualitatives, permet de répondre à un élément central de toute démarche scientifique : vérifier le degré de reproductibilité d'un résultat, et de cette façon, consolider sa validité. Ainsi dans les méta-analyses, des calculs statistiques partant des moyennes et des écart-types entre les groupes de différentes études permettent de calculer l'ampleur moyenne des différences entre ces groupes (en nombre d'écart-types) dans plusieurs publications. Par exemple, dans une méta-analyse de Melby-Lervåg, Lyster, et Hulme (2012), qui a porté principalement sur les relations entre les capacités de segmentation phonémique et le niveau de lecture, 995 différences issues de 235 études ont été évaluées : entre autres, celles entre prélecteurs et lecteurs, entre lecteurs typiques et dyslexiques de même âge chronologique ou encore entre des lecteurs typiques plus jeunes que les dyslexiques mais ayant le même niveau de lecture qu'eux.

Ce tableau intègre deux autres types de recherches citées uniquement dans un des ouvrages de référence consulté pour le projet DAF : les simulations (nombreuses dans le domaine de l'apprentissage de la lecture, cf. Ziegler, Perry, & Zorzi, 2020) et les études interventionnelles. Comme nous l'avons déjà signalé, selon De Landsheere (1986), ces dernières utilisent la méthode expérimentale pour comparer l'efficacité de différentes méthodes d'enseignement, par exemple, ce qui permet (en référence à Piaget, 1969) d'effectuer un choix entre celles qui ont été évaluées et d'expliquer ce choix en fonction du modèle à la base de l'étude.

D'après le tableau 3, les études expérimentales occupent la première place. Les revues de la littérature cumulées avec les méta-analyses sont en seconde position, suivies par les études de cas et les simulations, les enquêtes viennent ensuite, puis les études interventionnelles et les analyses

de contenu. Moins de 1 % des travaux référencés dans le WoS sont des recherches-actions.

Les données du tableau 3 signalent aussi que les différents types de recherches n'ont pas évolué de façon identique de 1979 à 2019. Ainsi, certaines évolutions sont positives : la proportion des simulations, comme celle des études interventionnelles (augmentation de respectivement de 9,3 et 7,6 % entre ces deux périodes). D'autres sont négatives : baisse de 25 % de la proportion des études expérimentales (qui passe de 44,5 % à 19,5 %). Toutefois, si on ajoute les études interventionnelles aux expérimentations, le tiers des publications du WoS (32,6 %) utilise une démarche expérimentale. Un dernier constat à propos des évolutions entre 1979 et 2019 concerne les revues qualitatives et quantitatives : le pourcentage des premières est à peu près stable dans le temps tandis que celui des méta-analyses, quasi-inexistantes en 1979, augmente de plus de 2 %.

En résumé

Les types de recherches reconnues par tous, ou presque tous, les auteurs consultés pour DAF sont, en plus des études expérimentales et historiques, les études descriptives (certaines étant proches des études expérimentales, hormis le fait que les variables sont invoquées, et non manipulées), incluant trois principaux sous-types : les études de cas, l'enquête (ou *survey*) et l'analyse de contenu. Les autres types de recherches retenues pour DAF sont les recherches-actions, les simulations et les revues de littérature.

On relève de larges similitudes entre DAF et le WoS pour certains de ces types de recherches : les recherches expérimentales et descriptives. Les principales différences entre ces deux bases concernent la recherche historique et la recherche-action (plus citées dans DAF que dans le WoS) et les revues de littérature ainsi que les études interventionnelles (plus citées dans le WoS que dans DAF). Enfin, d'après le WoS, les études expérimentales occupent la première place, devant les revues de littérature et méta-analyses. Les études de cas, les simulations, et les enquêtes viennent ensuite, avant les études interventionnelles et les analyses de contenu, les recherches-actions occupant la dernière position. En outre, alors que la proportion des études expérimentales a baissé entre 1979 à 2019, celle des études interventionnelles (qui sont le plus souvent expérimentales) a augmenté entre ces deux périodes, tout comme celle des simulations.

Les recherches dans les sciences de l'éducation et de la cognition

Création des sciences cognitives

D'après le psychologue George Miller (2003), le symposium qui s'est tenu en septembre 1956 au Massachusetts Institute of Technology, auquel il a participé avec un linguiste (Chomsky) et deux chercheurs en intelligence artificielle (Newell et Simon), serait le point de départ de ce courant. Il dit avoir quitté ce symposium avec la conviction que

la psychologie expérimentale humaine, la linguistique théorique et la simulation informatique de processus cognitifs rationnels étaient des pièces d'un ensemble plus vaste, et que le futur verrait l'élaboration progressive et la coordination de leurs préoccupations communes. (p. 143)

Dans le même article, Miller fait référence à Jerome Bruner, un psychologue et sociopsychologue⁶ connu pour ses travaux sur le rôle des connaissances dans le traitement de l'information et l'apprentissage. Il souligne en outre que la révolution cognitive a permis de nouer les liens entre les chercheurs en et hors des USA, par exemple :

- Bartlett, à Cambridge, connu pour ses travaux pionniers sur le rôle de la mémoire et de la culture dans la compréhension de récits ;
- Piaget, à Genève, qui a eu, via sa théorie de l'apprentissage, une influence notable dans le domaine de l'éducation ;
- Luria, à Moscou, un pionnier dans l'étude des relations entre psychologie, éducation et neurosciences.

Dans la recherche en éducation, la révolution cognitive a permis de redéfinir certains concepts clés, en particulier comment créer les conditions et supports pour le traitement efficace de l'information et la construction de nouvelles connaissances. Pour autant, les facteurs environnementaux n'ont pas été écartés des schèmes explicatifs : par exemple, l'impact du milieu socioéconomique sur l'apprentissage de la lecture.

Quant aux neurosciences, ce sont des avancées technologiques (de l'enregistrement de neurones via des électrodes chez les animaux aux nouvelles techniques d'imagerie cérébrale) qui ont permis aux chercheurs d'explorer ce qui se passe dans le cerveau humain de celui qui, par exemple, voit des suites de lettres (VO) comparativement à des symboles similaires (un triangle suivi par un rond) et, ainsi, de réexaminer la question des relations entre les

6. Miller (2003, p. 141) explique aussi que ce sociopsychologue a créé en 1960 le Centre d'études cognitives d'Harvard. Pour une présentation de l'œuvre de Bruner, voir Deleau (2016).

Tableau 3. Évolution de 1979 à 2019 de différents types de recherches d'après le WoS : en gris, les % les plus élevés.

	Étude Expérimentale	Revue de littérature	Méta-analyse	Revue & méta-analyse	Étude de cas	Simulation	Enquête (survey)	Étude interventionnelle	Analyse de contenu	Recherche action
Moyenne	25,8	16,4	1,2	17,6	17,5	15,7	9,2	6,8	5,3	0,9
2019	19,5	17,3	2,3	19,6	16,3	16,6	9,8	9,3	6,3	1,3
2009	23,7	15,4	1,1	16,5	16,9	18,8	9,8	7,0	5,1	0,9
1999	25,8	16,5	0,6	18,1	21,4	14,7	8,9	5,6	4,4	0,6
1989	34,0	18,9	0,2	19,1	21,2	8,3	7,4	3,3	5,2	0,4
1979	44,5	16,5	0,1	16,6	16,6	7,3	6,9	1,7	4,8	0,9
1979–2019	-25,0	0,8	2,3	1,0	-0,4	9,3	2,9	7,6	1,5	0,4

Interrogation (30 juillet 2020) de toutes les bases sans restriction à un domaine de recherche.

processus cognitifs et les processus neurologiques auxquels on les attribue. Un des apports majeurs des neurosciences est d'avoir mis en relief l'importante plasticité cérébrale et le fait que des récupérations tardives sont possibles (Kolinsky, Morais, Cohen, & Dehaene, 2018). Les neurosciences ont également montré que, pour des phénomènes liés à des diversités culturelles (p. ex. l'opacité de l'orthographe), des réponses comportementales différentes peuvent aller de pair avec des réponses corticales identiques. Ainsi, en raison de la moindre opacité de l'orthographe de l'italien en comparaison avec celle de l'anglais, les automatismes dans l'identification des mots écrits sont moins atteints chez des dyslexiques italiens que chez des anglais. Toutefois, ce sont les mêmes zones cérébrales qui sont hypoactivées dans ces deux populations de dyslexiques (Paulesu, *et al.*, 2001).

Les sciences de la cognition dans l'inventaire DAF

Dans l'inventaire DAF le terme *cognition* apparaît sous le mot clé *psychologie cognitive*, avec la définition suivante (Gagné, *et al.*, 1989a) :

Branche de la psychologie centrée sur l'étude des processus mentaux. La psychologie cognitive s'oppose aux théories issues du courant behavioriste postulant que l'objet de la psychologie ne peut porter que sur les comportements directement observables. Elle s'intéresse à la connaissance des processus et des représentations sous-jacents aux différentes activités mentales (image mentale, représentation des connaissances en mémoire, résolution de problèmes. (p. 175)

Plusieurs ouvrages de sciences cognitives sont également référencés dans DAF : entre autres, la synthèse de Lindsay et Norman (traduite en français en 1980) et le compte rendu du Colloque Chomsky–Piaget (1975 ; voir Chomsky & Piaget, 2018) ainsi que des ouvrages plus spécifiques écrits par des psychologues, des sociologues, ou des psychosociologues⁷. Les *sciences de la Cognition* ne font donc pas intervenir uniquement des psychologues. Avoir intégré *cognition* uniquement sous l'intitulé *psychologie* dans l'inventaire DAF était donc une erreur.

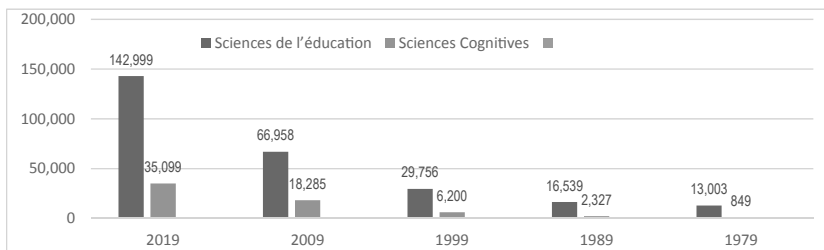
7. Psychologie : Bates (1976) et Denis (1979) ; Sociologie : Gumpertz (1982) et Labov (1976) ; Psychosociologie : Vygotsky (1985).

Les sciences de l'éducation et de la cognition d'après le WoS

Évolution de 1979 à 2019 des études en sciences de l'éducation et de la cognition

La figure 1 signale l'évolution de 1979 à 2019 du nombre de publications dans le WoS pour les domaines *sciences de l'éducation* et de la *cognition*. D'après cette figure, les publications dans ces deux champs ont progressé, mais plus fortement pour celles de sciences cognitives (41 %) que pour celles de sciences de l'éducation (11 %). Ces différences sont toutefois accentuées par le fait que, en 1979, les références à ces dernières étaient plus nombreuses que celles aux sciences de la cognition (13 000 contre 850).

Figure 1. Évolution de 1979 à 2019 du nombre de publications dans le WoS : Sciences de l'éducation et Sciences cognitives (interrogation du 30-07-2020).



Les sous-domaines de l'éducation et de la cognition

Une recherche a été effectuée dans le WoS pour examiner les sous-champs disciplinaires qui apparaissent sous les labels *Education* ou *Cognition*. Les publications ont été regroupées dans neuf domaines (cf. figures 2 et 3)⁸. Cette sélection regroupe 80,6 % des publications pour le champ *Education* (828 059 sur 1 027 414) et 79,4 % pour *Cognition* (224 117 sur 282 146).

8. Interrogation 22-07-2020. Regroupement pour **Sciences de l'éducation** (Education-Educational, Education Scientific Disciplines, Special Education) ; **Psychologie** (toutes les entrées avec l'item Psychology plus Behavioral Sciences) ; **Neurosciences** (Clinical neurology, Neurosciences, Neuroimaging) ; **Sciences de la santé-Médecine** (limité aux spécialités en relation avec l'école ou la cognition : Psychiatry, Pediatrics, Geriatrics, Gerontology) ; **Sociologie** (entrées avec l'item Sociology ou Social, sauf Psychosociology mis sous Psychology) ; **Intelligence Artificielle** (entrées incluant l'item Computer, entre autres, Computer Science, Artificial Intelligence) ; **Economie-management** (Economy et Management) ; **Sciences du langage** (Language, Linguistics, Speech Language Pathology, Communication) ; **Littérature** (tous les items incluant Literature plus Poetry et Theater).

Figure 2. Nombre de références du WoS relevées sous 'Topic' dans différents sous-champs du domaine *Education*.

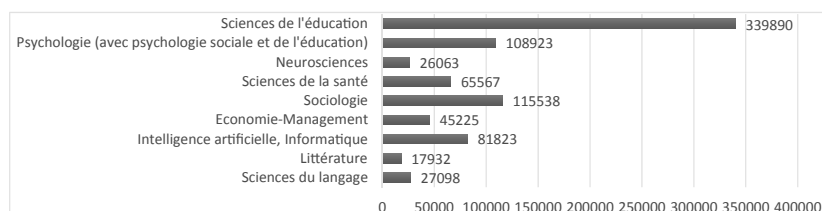
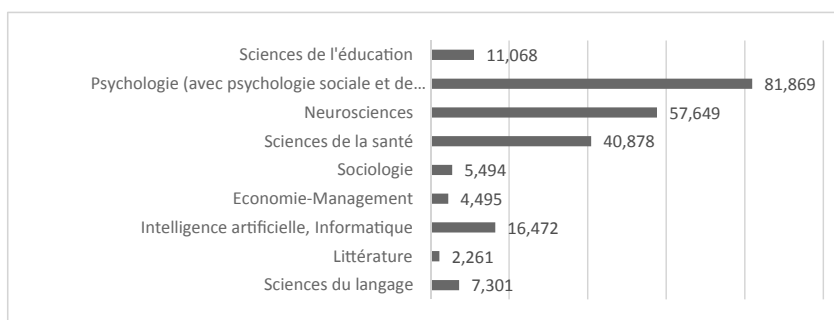


Figure 3. Nombre de références du WoS relevées sous 'Topic' dans différents sous-champs du domaine *Cognition*.



Dans le champ de l'*Education*, les sciences de l'éducation arrivent largement en tête avec 340 000 références. Elles sont suivies par la sociologie, qui occupe une place à peu près équivalente à celle de la psychologie, les deux précèdent, dans l'ordre, ce qui relève des domaines de l'IA, de la santé, ainsi que de l'économie et du management, les sciences du langage et les neurosciences occupent les avant dernières places juste devant la littérature.

Dans le champ de la *Cognition*, la psychologie (incluant la psychologie sociale et de l'éducation) domine nettement, suivie par les neurosciences et celles de la santé, qui arrivent avant l'IA, les sciences de l'éducation et du langage ; les trois dernières places sont occupées par la sociologie, l'économie et la littérature.

Les sciences de l'éducation et de la cognition partagent donc largement les mêmes sous-disciplines, avec une place prépondérante de la psychologie. Les différences les plus notables concernent les neurosciences, les sciences de la santé et la sociologie. En effet, les deux premières sont fortement présentes dans les sciences de la cognition, alors que la sociologie ne l'est que très peu, sauf en tant que sous-domaine de la psychologie.

Résumé

Le courant cognitiviste a regroupé, dès son point de départ, des chercheurs issus de différentes disciplines (entre autres, psychologie, sociopsychologie, neurosciences, linguistique, intelligence artificielle), et la révolution cognitive a permis de tisser des liens entre les chercheurs de part et d'autre de l'Atlantique : d'un côté, Bruner, Miller, Chomsky ; de l'autre, Bartlett, Piaget, Luria. D'après le WoS, les publications dans le domaine de la cognition (quasi inexistantes à la fin des années 1970) ont progressé de façon exponentielle, tout comme, mais dans une moindre mesure, celles dans le domaine de l'éducation. Enfin, toujours d'après le WoS, les disciplines qui dominent dans le domaine de la cognition et de l'éducation sont en partie les mêmes. On relève toutefois que, dans les sciences cognitives, les neurosciences et les sciences de la santé sont surreprésentées alors que la sociologie est sous-représentée.

Entre éducation et cognition : l'apprentissage de la lecture

S'il est un domaine dans lequel les liens entre les sciences de l'éducation et celles de la cognition sont forts, c'est bien l'apprentissage de la lecture, avec toutefois de fortes différences entre la situation de la France et celle de nombreux autres pays. Ce point est reflété par les appartenances institutionnelles d'une vingtaine de chercheurs impliqués dans ce champ (six français).

Ainsi, hors de la France, de nombreux chercheurs du domaine de l'apprentissage de la lecture sont (ou ont été) directement rattachés à une faculté (ou un département) d'éducation : Marilyn Adams, Wesley Hoover, Charles Perfetti, David Share, Linda Siegel, Keith Stanovich et William Tunmer. D'autres sont (ou ont été) dans des départements de sciences cognitives : c'est le cas de Philip Gough, à la différence de deux autres chercheurs (Hoover et Tunmer) qui sont pourtant, avec lui, à la base du modèle « Simple view of reading ». Isabelle et Alvin Liberman, tout comme Donald Shankweiler, ont travaillé dans le laboratoire Haskins, connu pour ses travaux pionniers sur la perception et la production du langage oral et écrit. Enfin, un chercheur francophone (Edouard Gentaz) travaille à la Faculté de psychologie et de sciences de l'éducation de l'Université de Genève.

En France, parmi les chercheurs cités dans cet article, Roland Goigoux est le seul à être institutionnellement rattaché uniquement à un département d'éducation. Johannes Ziegler travaille dans un laboratoire de psychologie cognitive, comme Liliane Sprenger-Charolles⁹, Franck Ramus dans un

9. Toutefois Liliane Sprenger-Charolles est rattachée à une autre section du CNRS, celle des sciences du langage, qui dépend des sciences de l'homme.

laboratoire de sciences cognitives et psycholinguistique, et Michel Fayol dans un laboratoire de psychologie sociale et cognitive. Ces trois laboratoires dépendent de la « section Cerveau, cognition, comportement » du CNRS qui est intégrée dans le département des sciences de la vie. Enfin, Stanislas Dehaene est dans un laboratoire de neurosciences cognitives de l'INSERM.

En dehors des disparités entre pays qui viennent d'être soulignées (et qui restent à analyser), ces exemples indiquent que les études sur l'apprentissage de la lecture sont effectués par des chercheurs rattachés à des unités de sciences de l'éducation (incluant la psychologie de l'éducation), de psychologie (avec, en tant que sous-domaines, la psychologie cognitive, sociale, du développement, ainsi que la psycholinguistique et la neuropsychologie), de sciences du langage (psycho- et neurolinguistique incluses), de sociologie (y compris psychosociologie et sociologie de l'éducation) et de médecine (incluant ce qui relève des apprentissages atypiques).

Cet état de fait provient de ce que l'apprentissage de la lecture nécessite des connaissances dans ces différents domaines et ce avec en outre une perspective historique. En effet, pour comprendre ce qui différencie cet apprentissage de celui de la langue orale, il faut tenir compte du fait que l'écriture est une invention relativement récente (environ 5 000 ans) et que la généralisation de l'apprentissage de la lecture l'est encore plus : fin du 19^e siècle en France, avec les lois Ferry (1881-1882) qui ont rendu l'école primaire obligatoire permettant ainsi d'apprendre à lire à tous les enfants. Ce point signale que cet apprentissage, à la différence de l'acquisition de la langue orale, nécessite un enseignement explicite qui peut s'effectuer dans différents types d'écriture :

- Une écriture alphabétique, dans laquelle les unités de base de l'oral sont transcrites par les voyelles (*alpha*) et les consonnes (*béta*) d'un alphabet : ainsi le < i > et le < c > du mot *écrire* transcrivent les phonèmes /i/ et /k/.
- Une écriture semi-alphabétique (celle de l'arabe et de l'hébreu) dans laquelle seules les consonnes sont systématiquement transcrites : par exemple, *écrire* (*yaktub*) est transcrit (de droite à gauche) < ت ك ي >, soit (de gauche à droite) < ك > pour /k/, < ت > pour /t/ et < ب > pour /b/. Ce type d'écriture est aussi dit morpho-syllabiques dans la mesure où les familles de mots partagent des racines consonantiques : /ktb/ dans *écrire* et *bibliothèque* (*yaktub* et *maktaba*).
- Une écriture logographique, comme celle du mandarin chinois. Toutefois cette écriture comporte, en plus des logogrammes qui renvoient au sens des mots (< 来 >), des signes qui renvoient à leur prononciation : < 写 > qui se dit *xiě* dans *écrire* (*Lái xiě* : < 来写 >) tout comme dans *écriture* (*Xiězuò* : < 写作 >).

Toutefois la plupart des enfants chinois commencent à apprendre à lire avec un alphabet (un pinyin de vingt-six lettres comprenant des consonnes et des voyelles), les caractères spécifiques de leur écriture n'étant introduits

que progressivement. De même, en hébreu, les voyelles sont systématiquement transcrites dans les textes destinés aux enfants des premières années du primaire.

Dans le monde, presque tous les enfants apprennent donc à lire avec un système dans lequel des graphèmes (lettres ou groupes de lettres) sont utilisés pour transcrire les phonèmes (les sons élémentaires du langage oral). Ces derniers, une trentaine en moyenne, permettent de générer des milliers de mots qui, à leur tour, permettent de produire un nombre infini d'énoncés oraux que la langue écrite peut pérenniser.

Les acquis des recherches

Ces préliminaires signalent l'importance de la compréhension du principe alphabétique dans l'apprentissage typique et atypique de la lecture (cf. *The alphabetic principle and learning to read*, publié en 1989 par Isabelle et Alvin Liberman avec Donald Shankweiler), qui a donné lieu à de nombreuses recherches ayant mis en relief, dans les années 1980–1990, plusieurs résultats majeurs :

- Le fait que la capacité de segmenter les mots en phonèmes (qui se met en place autour de 5 ans) entretient des relations bidirectionnelles avec l'apprentissage de la lecture dans une écriture alphabétique : elle en est un des prédicteurs les plus robustes (Bradley & Bryant, 1983) mais elle se développe aussi considérablement sous l'effet de cet apprentissage (Alegria & Morais, 1989).
- Le rôle crucial du décodage dans les débuts de cet apprentissage, les bons décodeurs précoces (ceux qui utilisent le plus les correspondances graphème–phonème quand ils lisent), étant aussi ceux qui progressent le plus, y compris en compréhension (Freebody & Byrne, 1988).
- Le poids des méthodes d'enseignement de la lecture, celles centrées sur le décodage étant les plus efficaces (Adams, 1990).
- Le fait que le niveau de compréhension en lecture s'explique surtout par le niveau de compréhension orale et celui du décodage, le poids du décodage étant plus fort chez les lecteurs les plus jeunes ou les moins compétents (Gough & Tunmer, 1986 ; Hoover & Gough, 1990).

Dès les années 1980–1990, les résultats de ces travaux pionniers, principalement anglophones, ont été l'objet de revues de la littérature en anglais (Adams, 1990 ; Bryant & Bradley, 1985 ; Carpenter & Just, 1983) ainsi qu'en français (Rieben & Perfetti, 1989). Ce qui est écrit au début de l'ouvrage édité par Rieben et Perfetti est encore valable de nos jours :

À l'heure actuelle, il existe [...] de nombreux travaux empiriques qui montrent que le traitement et l'identification des mots isolés constituent des composantes majeures de l'apprentissage de la lecture. Ces travaux remettent en question l'idée

que le « bain d'écrit » et l'utilisation pertinente du contexte dans lequel apparaissent les mots pourraient être considérés comme des conditions suffisantes à l'appropriation de la langue écrite par l'enfant, et en particulier à un apprentissage réussi de la lecture. Ces recherches pour la plupart anglo-saxonnes [...] sont peu connues des psychopédagogues et des pédagogues francophones. (pp. 9–10)

De nombreux travaux publiés depuis cette période, qui ont corroboré ce que l'on savait avant les années 1990, ont ajouté trois nouveaux résultats majeurs :

- Le rôle de la transparence de l'orthographe sur l'acquisition typique et atypique de la lecture (Paulesu, *et al.*, 2001 ; Sprenger-Charolles, 2004 ; Ziegler, 2018 ; Ziegler & Goswami, 2005).
- Le fait que le décodage constitue un puissant mécanisme d'autoapprentissage (Share, 1995 ; Ziegler, *et al.*, 2020).
- Les corrélats neuronaux de cet apprentissage. En particulier, il découle du caractère récent de l'alphabétisation, notre cerveau n'étant pas programmé pour cet apprentissage, qu'un recyclage de zones cérébrales dédiées à d'autres fonctions mais assez plastiques pour pouvoir se réorienter vers l'identification des signes écrits et leur mise en relation avec le langage parlé a été nécessaire (cf. Dehaene, 2011, 2019 ; Kolinsky, *et al.*, 2018).

Ces travaux ont donné lieu à de nombreuses synthèses (cf. le tableau 4), certaines récentes : pour la littérature internationale, celle de Castles, Rastle, et Nation (2018) qui s'intitule *Ending the reading war* ; pour la francophonie, sur l'apprentissage typique, celle de Deacon, Desrochers, et Levesque (2017), et sur l'apprentissage atypique, celle de Sprenger-Charolles (2019).

Tableau 4. Évolution du nombre de références du WoS sous *Reading acquisition* ou *Learning to read* pour les revues de littérature et les méta-analyses.

	Revues de littérature	Méta-analyses
Total	20 036	11 786
2019	1 501	886
2009	732	437
1999	333	236
1989	60	7
1979	39	7

Limites des transferts de la recherche à la pratique

En dépit de très nombreuses publications, qui ont été l'objet de revues de la littérature et de méta-analyses (pour les plus récentes, cf. Castles, *et al.*, 2018

et Melby-Lervåg, et al., 2012 respectivement) allant très largement dans le même sens, certains professionnels adhèrent encore à une conception erronée de l'apprentissage de la lecture. Déjà en 1993, Morais soulignait

un divorce partiel, dangereux et pénible, entre le milieu des praticiens et celui des scientifiques. Dans de larges milieux de praticiens et dans la formation des maîtres s'est répandue une conception romantique de la lecture, basée sur l'idée que la lecture est une fonction naturelle qui se développe spontanément à partir de l'expérience libre de l'écrit. (p. 11)

Cette dernière conception, qui a été diffusée en France via l'INRP dans les années 1970 (Foucambert, 1976) est issue de travaux américains (Smith, 1973). Elle a été invalidée dès les années 1990 (aux USA : Adams, 1990 ; en Belgique : Braibant & Gérard, 1996 ; en France : Goigoux, 2000). On peut imputer cet état de fait à plusieurs phénomènes (cf. Seidenberg, Borken-hagen, & Kearns, 2020). L'un est la diffusion, via les réseaux sociaux, d'informations erronées.

Un exemple récent de discordance vient d'équipes de chercheurs issus des sciences de l'éducation : celle de Goigoux (2016), qui a dirigé le programme « Lire – écrire au CP ». Cette étude, qui a utilisé une démarche principalement observationnelle, a répliqué deux des résultats majeurs des études sur l'apprentissage de la lecture : d'une part, le constat qu'un enseignement précoce, systématique et intensif des relations graphème-phonème facilite cet apprentissage (Riou & Fontanieu, 2016) ; d'autre part le fait que, chez des apprentis-lecteurs, le poids du décodage sur la compréhension écrite est plus fort que celui de la compréhension orale (Goigoux, Cèbe, & Pironom, 2016). Toutefois, comme expliqué par Sprenger-Charolles et Gentaz (2018), une lecture attentive de l'article de Goigoux et collaborateurs permet de relever des informations inexactes à propos de la présentation des résultats d'autres études (p. ex. celle de Gentaz, Sprenger-Charolles, & Theurel, 2015), et même de leurs propres résultats.

Enfin, une autre raison provient des changements dans les politiques des institutions ainsi que des évolutions technologiques. Par exemple, la création de l'inventaire DAF, et sa diffusion par le Minitel, se justifiait à une époque où le web n'était pas développé, mais elle ne se justifie plus maintenant. Il est toutefois dommage que ce travail ne soit plus accessible. En effet le recueil de ces données, qui a mobilisé pendant une dizaine d'années des équipes de chercheurs belges, canadiens, français et suisses, et qui a permis de recenser plus de 4 000 études, pour la période 1970 à 1991, sur l'apprentissage et l'enseignement du français langue maternelle, pourrait servir de base à des comparaisons historiques avec le WoS.

Pour conclure : comment faciliter l'intégration des savoirs scientifiques et pratiques ?

Les problèmes précédemment soulevés répondent à des questions toujours d'actualité, par exemple : quelles conditions devons-nous mettre en œuvre pour que les enseignants puissent s'approprier les savoirs scientifiques relatifs à l'apprentissage et l'enseignement de la lecture ? Il n'est donc pas surprenant que ces questions soient aussi au cœur d'un article récent (Seidenberg, *et al.*, 2020) dans lequel les auteurs se demandent dans quelles conditions la science de la lecture peut contribuer à améliorer les pratiques. Ils soulignent en particulier dans le résumé que « beaucoup a été appris sur les bases comportementales et cérébrales de la lecture, sur la façon dont les enfants apprennent à lire et sur les facteurs qui entravent cet apprentissage ». Ils soulignent également que les données disponibles qui pourraient améliorer les résultats en matière d'alphabétisation sont largement sous-utilisées ; ils proposent trois explications de cet état de fait qui minent les relations entre chercheurs et praticiens : en plus de certaines présentations incorrectes des résultats des travaux de recherche, l'absence de « recherche translationnelle » permettant d'établir des liens entre la « science de la lecture et les activités scolaires » ; mais aussi « le fait que les théories de la lecture sont devenues de plus en plus complexes et de moins en moins intuitives au fur et à mesure que le domaine a progressé ».

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adams, M. (1990). *Beginning to read : Thinking and learning about print*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Alegria, J., & Morais, J. (1989). Analyse segmentale et acquisition de la lecture. In L. Rieben & C. Perfetti (Éds.), *L'apprenti lecteur : recherches empiriques et implications pédagogiques* (pp. 173–196). Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- Association des enseignants et chercheurs en sciences de l'éducation [A.E.C.S.E.] (1984). *Sciences anthropo-sociales – Sciences de l'éducation*. Actes du colloque national 1983.
- Bailey, K. (1982). *Methods of social research*. New York : Free Press.
- Bates, E. (1976). *Language and context : The acquisition of pragmatics*. New York : Academic Press.
- Bernard, C. (1985). De l'observation à l'expérimentation. In M. P. Michiels-Philippe (Éd.), *L'Observation* (pp. 105–116). Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- Bolle de Bal, M. (1981). Nouvelles alliances et reliance : deux enjeux stratégiques de la recherche action. *Revue de l'Institut de sociologie*, 3, 573–585
- Borg, W. R. (1983). *Educational research : An introduction*. New York : Longman.

- Bradley, L., & Bryant, P. E. (1983). Categorizing sounds and learning to read – a causal connection. *Nature*, 301, 419–421.
- Braibant, J. M., & Gérard, F. M. (1996). Savoir lire : une question de méthodes ? *Bulletin de psychologie scolaire et d'orientation*, 1, 7–45.
- Bronckart, J.-P., Gagné, G., & Ropé, F. (Éds.) (1991). État de la recherche en didactique du français. *Études de linguistique appliquée*, 84.
- Bryant, P., & Bradley, L. (1985). *Children's reading problems : Psychology and education*. Oxford : Basil Blackwell.
- Carpenter, P. A., & Just, M. A. (1983). What your eyes do while your mind is reading. In K. Rayner (Éd.), *Eye Movements in Reading* (pp. 275–307). New-York : Academic Press.
- Castles, A., Rastle, K., & Nation, K. (2018). Ending the reading wars : Reading acquisition from novice to expert. *Psychological Science in the Public Interest*, 19, 5–51.
- Chomsky, N., & Piaget, J. (2018). *Théories du langage, théories de l'apprentissage : le débat entre Jean Piaget et Noam Chomsky organisé et recueilli par M. Piattelli-Palmarini*. Paris : Point-Essais.
- Cohen, L., & Magnon, L. (1980). *Research methods in education*. Londres : Croom Helm.
- Cook, N.K., & Lafleur, D.R. (1975). *A guide to educational research*. Boston : Pearson Allyn & Bacon.
- Deacon, S.H., Desrochers, A., & Levesque, K. (2017). Learning to read french. In L. Verhoeven & C. Perfetti (Éds.), *Learning to read across languages and writing systems* (pp. 243–269). Cambridge : Cambridge University Press.
- Dehaene, S. (Éd.) (2011). *Apprendre à lire : des sciences cognitives à la salle de classe*. Paris : Odile Jacob.
- Dehaene, S. (Éd.) (2019). *La science au service de l'école*. Paris : Odile Jacob.
- De Buyne, P., Herman, J., & De Schoutheete, M. (1974). *Dynamique de la recherche en sciences sociales : les pôles de la pratique méthodologique*. Paris : PUF.
- De Landsheere, G. (1966). *Introduction à la recherche pédagogique*. Paris : Armand Colin.
- De Landsheere, G. (1982). *La recherche expérimentale en éducation*. Paris/Neuchatel, UNESCO/Delachaud et Niestlé
- De Landsheere, G. (1986). *La recherche en éducation dans le monde*. Paris : PUF.
- Deleau, M. (2016). Jerome Seymour Bruner (1915–2016) : une vie d'exploration de l'esprit humain. *Enfance*, 4, 349–363.
- Denis, M. (1979). *Les images mentales*. Paris : PUF.
- Foucambert, J. (1976). *La manière d'être lecteur – apprentissage de la lecture de la maternelle au CM2*. O.C.D.L. – SERMAP.
- Freebody, P., & Byrne, B. (1988). Word-reading strategies in elementary school children : Relations to comprehension, reading time and phonemic awareness. *Reading Research Quarterly*, 23, 441–453.

- Gagné, G., Lazure, R., & Pastiaux-Thiriart, G. (1993). *Recherches en didactique et acquisition du français langue maternelle (1970–1984) : répertoire bibliographique* (mise à jour 3). Montréal : Service documentaire multimédia de l'université de Montréal.
- Gagné, G., Pastiaux-Thiriart, G., Lazure, R., & Sprenger-Charolles, L. (1991). *Recherches en didactique et acquisition du français langue maternelle (1970–1984) : Répertoire bibliographique* (mise à jour 2). Montréal : Service documentaire multimédia de l'Université de Montréal.
- Gagné, G., Lazure, R., Sprenger-Charolles, L., & Ropé, F. (1989a). *Recherches en didactique et acquisition du français langue maternelle (1970–1984). Tome 1. Cadre conceptuel, thesaurus et lexique des mots-clés*. Bruxelles : De Boeck-Wesmael ; Paris : Éditions universitaires, INRP ; Montréal : Université de Montréal, PPMF.
- Gagné, G., Lazure, R., Sprenger-Charolles, L., & Ropé, F. (1989b). *Recherches en didactique et acquisition du français langue maternelle (1970–1984). Tome 2. Répertoire bibliographique*. Bruxelles : De Boeck-Wesmael ; Paris : Éditions universitaires, INRP ; Montréal : Université de Montréal, PPMF.
- Gagné, G., Sprenger-Charolles, L., Lazure, R., & Ropé, F. (1990). *Recherches en didactique et acquisition du français langue maternelle (1970–1984) : Répertoire bibliographique* (mise à jour 1). Montréal : Service documentaire multimédia de l'Université de Montréal.
- Galfo, A. J. (1982). *Interpreting educational research*. Dubuque, IA : WMC Brown.
- Gentaz, E. (2019). Apprendre à identifier et à différencier les sources d'information. *A.N.A.E.*, 158, 7–9.
- Gentaz, E., Sprenger-Charolles, L., & Theurel, A. (2015). Differences in the predictors of reading comprehension in first graders from low socio-economic status families with either good or poor decoding skills. *Plos One*, 10(3), e0119581. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119581>
- Goigoux, R. (2000). Apprendre à lire à l'école : les limites d'une approche idéologique. *Psychologie française*, 45, 233–243.
- Goigoux, R. (2016). Apprendre à lire et à écrire au cours préparatoire : enseignements d'une recherche collective. *Revue française de pédagogie*, 196, 5–6.
- Goigoux, R., Cèbe, S., & Pironom, J. (2016). Les Facteurs explicatifs des performances en lecture-compréhension en fin de CP. *Revue française de pédagogie*, 196, 67–84.
- Gough, P., & Tunmer, W. (1986). Decoding, reading, and reading disability. *Remedial and Special Education*, 7, 6–10.
- Good, C. V. (1972). *Essentials of educational research : Methodology and design*. New York : Appleton-Century-Crofts.
- Gumpertz, J. J. (1982). *Communication, language and social identity*. New York : Academic Press.
- Hoover, W. A., & Gough, P. B. (1990). The simple view of reading. *Reading and Writing : An Interdisciplinary Journal*, 2, 127–160.
- Jaffré, J.-P. (1992). *Didactiques de l'orthographe*. Paris : INRP et Hachette.

- Kolinsky, R., Morais, J., Cohen, L., & Dehaene, S. (2018). Les bases neurales de l'apprentissage de la lecture. *Langue française*, 199, 17–33.
- Koul, L. (1984). *Methodology of educational research*. New Delhi : Vikas.
- Labov, W. (1976). *Sociolinguistique* (trad. par A. Kihm). Paris : Editions de Minuit.
- Liberman, I., Shankweiler, D., & Liberman, A. (1989). The alphabetic principle and learning to read. In D. Shankweiler & I. Liberman (Éds.), *Phonology and Reading Disability : Solving the Reading Puzzle* (pp. 1–33). Ann Arbor : University of Michigan Press.
- Linsay, P., & Norman, D. (1980). *Traitement de l'information et comportement humain* (trad. par R. Jobin, et al.). Montréal : Etudes vivantes.
- Malmquist, E., & Grundin, H. (1975). *Educational research in Europe today and tomorrow*. Lund, Suède : CWK Gleerup.
- Melby-Lervåg, M., Lyster, S., & Hulme, C. (2012). Phonological skills and their role in learning to read : A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 138(2), 322–352
- Miller, G.A. (2003) The cognitive revolution : A historical perspective. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(3), 141–144.
- Morais, J. (1993). Compréhension / décodage et acquisition de la lecture. In J.-P. Jaffré, L. Sprenger-Charolles & M. Fayol (Eds), *Lecture / écriture : acquisition* (pp. 10–21) (Actes de la Villette). Paris : Nathan.
- Mouly, G. (1978). *Educational research : The art and science of investigation*. Boston : Allyn and Bacon.
- Pastiaux-Thiriart, G. (1990). *Recherches en didactique des textes et documents*. Paris : INRP.
- Paulesu, E., et al. (2001). Dyslexia : Cultural diversity and biological unity. *Science*, 291, 2165–2167.
- Piaget, J. (1969). *Psychologie et pédagogie*. Paris : Denoël.
- Piaget, J. (1970). *Epistémologie des sciences de l'homme*. Paris : Gallimard.
- Pini, G. (1981). Pour une définition de la recherche action. In J. Calpini, et al. (Éds.), *Recherche-action : interrogations et stratégies émergentes* (Cahiers de la SSEd no 26, pp. 11–31). Genève : Université de Genève, Section des sciences de l'éducation.
- Rieben, L., & Perfetti, C. (Éds.) (1989). *L'apprenti lecteur : recherches empiriques et implications pédagogiques*. Lausanne : Delachaux et Niestlé.
- Riou, J., & Fontanieu, V. (2016). Influence de la planification de l'étude du code alphabétique sur les performances des élèves en code au cours préparatoire. *Revue française de pédagogie*, 196, 49–66.
- Ropé, F. (1989). Aspects socio-institutionnels d'une discipline en émergence : la didactique du français langue maternelle. *Revue française de pédagogie*, 89, 35–45.
- Seidenberg, M., Borkenhagen, M., & Kearns, D. (2020). Lost in translation ? Challenges in connecting reading sciences. *Reading Research Quarterly*, 55(1), 119–130.

- Share, D. L. (1995). Phonological recoding and self-teaching : Sine qua non of reading acquisition. *Cognition*, 55(2), 151–218.
- Smith, F. (1973). *Understanding reading : A psycholinguistics analysis of reading, and learning to read*. New York : HRW.
- Sprenger-Charolles, L. (2004). Linguistic processes in reading and spelling. In T. Nunes & P. Bryant (Eds), *Handbook of Children's Literacy* (pp. 43–65). Springer : Dordrecht.
- Sprenger-Charolles, L. (2019). Developmental dyslexia in French. In L. Verhoeven, C. Perfetti & K. Pugh (Éds.), *Developmental Dyslexia across Languages and Writing Systems* (pp. 50–72). Cambridge : Cambridge University Press.
- Sprenger-Charolles, L., & Gentaz, E. (2018). Débat sur l'apprentissage de la lecture et son enseignement : quels sont les liens entre décodage et compréhension écrite en fin de CP. *A.N.A.E.*, 154, 355–361.
- Sprenger-Charolles, L., Lazure, R., Gagné, G., & Ropé, F. (1987). Proposition pour une typologie des recherches. *Perspectives documentaires en sciences de l'éducation*, 11, 49–71.
- Travers, R. (1978). *An introduction to educational research*. New York : MacMilan.
- Van Dalen, D. (1979). *Understanding educational research*. New York : McGraw-Hill.
- Van der Maren, J. M. (1984). Introduction aux problématiques et aux méthodes. *Prospectives*, 20(1–2), 25–33.
- Vygotsky, L. (1985). Le problème de l'enseignement et du développement mental à l'âge scolaire. In B. Schneuwly & J.-P. Bronckart (Éds.), *Vygotsky aujourd'hui* (pp. 95–117). Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- Weiss, J. (1981). Les trois fonctions de l'observation interactive. In J. Calpini, et al. (Éds.), *Recherche-action : interrogations et stratégies émergentes* (Cahiers de la SSEED no 26, pp. 117–128). Genève : Université de Genève, Section des sciences de l'éducation.
- Ziegler, J. (2018). Différences inter-linguistiques dans l'apprentissage de la lecture. *Langue française*, 199, 35–49.
- Ziegler, J., & Goswami, U. (2005). Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages : A psycholinguistic grain size theory. *Psychological Bulletin*, 131, 3–29.
- Ziegler, J., Perry, C., & Zorzi, M. (2020). Learning to read and dyslexia : from theory to intervention through personalized computational models. *Current Directions in Psychological Science*, 29(3), 293–300. <https://doi.org/10.1177/0963721420915873>

Notice biographique

Liliane Sprenger-Charolles a été, à partir de 1972, professeur de lettres en lycée et en collège, ingénieur-documentaliste à l'INRP (1980–1990), et chargée puis directrice de recherche (DR) au CNRS (1991–2010). Depuis 2011, elle est DR émérite et, depuis 2018, membre du Conseil scientifique de l'Éducation nationale. Ses travaux de recherche ont porté sur le développement des procédures spécifiques à la lecture dans l'apprentissage typique, leur dysfonctionnement dans la dyslexie, et les relations entre ces procédures et la compréhension écrite ; ceux concernant la valorisation de la recherche ont abouti à la mise en place d'instruments d'évaluation de la lecture et des compétences reliées (EVALEC, EGRA, EvalAide) et de bases de données (Manulex, Manulex-Morpho...).

Du cerveau à la classe, un pont toujours aussi loin ?

Emmanuel Sander

Université de Genève

RÉSUMÉ – John Bruer a signé en novembre 1997 dans *Educational Researcher* un article séminal, « Education and the brain : A bridge too far » (« L'éducation et le cerveau : un pont trop loin »), en référence au film éponyme de Richard Attenborough relatant une opération alliée manquée de la Deuxième Guerre mondiale. Dans cet article, Bruer défend l'idée d'une distance trop importante entre les neurosciences et la salle de classe. Alors que les neurosciences affichent des prétentions de plus en plus importantes sur les questions d'éducation, l'objectif de la présente contribution est de réinterroger cette ambition vingt-cinq ans après la publication de cet article, période durant laquelle les publications liant éducation et neurosciences ont fait un spectaculaire bond quantitatif, et où tant la sphère politique que celle du journalisme d'information scientifique se sont saisies de ce sujet. La question des mythes éducatifs, prétendument appuyés sur des travaux de neurosciences mais consistant en fait en extrapolations et généralisations abusives dans lesquelles les propres auteurs de ces contributions voient un dévoiement de leurs recherches, sera en particulier abordée, ainsi que les voies possibles pour promouvoir une approche documentée des liens entre neurosciences et éducation, mobilisable pour la formation des enseignants et intégrable dans les pratiques enseignantes.

MOTS CLÉS – neuromythes, éducation, conceptions intuitives, métaphores conceptuelles, recodage sémantique

Introduction

Les neurosciences, par leur définition même, nous renseignent sur le fonctionnement du système nerveux : la plupart des travaux qui relèvent de cette discipline ne se préoccupent pas de psychologie, moins encore d'éducation. Toutefois, une frange des neurosciences a une part de ses objets de recherche qui est directement pertinente pour l'éducation. Il s'agit des neurosciences cognitives, à propos desquelles, par souci de concision, le label « neurosciences » sera utilisé dans cet article. Les neurosciences cognitives relèvent des sciences de la cognition, une confluence de disciplines – philosophie, psychologie, linguistique, anthropologie, sociologie, éthologie, mathématique, informatique, biologie, etc. L'épithète *cognitif* leur est accolé dès lors qu'elles prennent pour objet l'étude de la cognition, qui concerne au premier chef la nature, la structure et la formation de connaissances. L'étymologie du terme *cognitif* indique d'ailleurs qu'il est dérivé du latin *cognitivus*, « qui concerne la connaissance ».

De leur côté, les sciences de l'éducation ont en commun avec les sciences de la cognition la multiplicité des disciplines contributives, que ces contributions soient celles des différentes didactiques des disciplines ou qu'elles soient de nature transversale, issues notamment de la philosophie, de la psychologie, de la sociologie, de l'histoire, de l'économie, de l'anthropologie. Ainsi relève-t-on en commun entre les sciences de la cognition et celles de l'éducation à la fois cette confluence de discipline contributives, ainsi que – ce qui n'y est pas étranger – une relative jeunesse institutionnelle sur le plan académique. En revanche, il existe une différence marquée quant à l'inscription sociale et à la place donnée au terrain et aux pratiques. Cette différence découle directement du fait que les sciences cognitives sont mues à l'origine par des objectifs de recherches fondamentales, alors que la recherche de réponses à des demandes sociales porte les sciences de l'éducation (Mayer, 2017).

Les neurosciences cognitives, cette partie émergée de l'iceberg des recherches en neurosciences qui porte donc sur la cognition, ont été l'objet d'un engouement particulier ces dernières années pour leurs contributions potentielles en éducation. L'idée que nous vivons la « naissance d'une science de l'apprentissage » est même défendue par certaines organisations internationales (OCDE, 2007). Une part de la communauté scientifique, notamment parmi les chercheurs en neurosciences et en psychologie expérimentale, y voit effectivement l'opportunité d'une investigation objectivable des processus en jeu dans les apprentissages et dans l'enseignement, permettant de concourir à une meilleure éducation. Cette position est toutefois controversée, notamment parmi une partie de la communauté des sciences de l'éducation, qui y voit plutôt un effet de mode, une expression tapageuse

d'une épistémologie réductrice et inadaptée, voire une esbroufe, qui séduit temporairement le monde politique, les médias et le grand public.

Une difficulté complémentaire relève d'une ambigüité de la signification attribuée au terme même de « neurosciences cognitives », qui dans certains contextes se trouve utilisé comme synonyme de « psychologie cognitive » ou de « sciences cognitives ». Ainsi, comme l'indique Ramus (2018), il arrive que des résultats issus de la psychologie expérimentale se « déguisent en neuroscience » pour les rendre plus crédibles. Et il est commun que certains chercheurs qui n'ont jamais mené d'investigations sur les processus cérébraux mais appuient leurs recherches par des indices qui relèvent des sciences du comportement, tels que la nature de la réponse à une tâche, un taux de réussite, ou des temps de réponse se voient qualifiés de chercheurs en neurosciences dans les médias. Un tel amalgame engendre forcément de la confusion sur la question de la contribution des travaux des neurosciences en éducation. Certes, faire usage d'un terme générique pour désigner un élément plus spécifique d'une catégorie est un procédé langagier commun. C'est même le trait distinctif d'une forme linguistique connue sous la mention de *marquage* (Greenberg, 1966) lorsque le même label verbal a pour fonction de désigner à la fois un terme générique (le sens dit « non marqué ») et une sous-classe de la catégorie générique (le sens dit « marqué »). Les neurosciences sont ainsi utilisées par extension pour désigner la psychologie cognitive voire l'ensemble des sciences cognitives, avec une confusion qui s'ensuit entre les travaux qui portent sur des processus qui se déroulent dans le cerveau – ce qu'étudie la psychologie cognitive –, et l'observation directe d'indicateurs cérébraux – ce que font les neurosciences cognitives. Dans cet article, nous ferons bien sûr la distinction, en nous focalisant sur les travaux en neurosciences cognitives, au sens précis du terme, c'est-à-dire s'appuyant sur des observations d'activités cérébrales.

Le débat sur les relations entre neurosciences et éducation n'a pas attendu l'arène médiatique récente pour être initié. Notamment, dans un article séminal, John Bruer (1997) faisait il y a un quart de siècle un constat qui n'a rien perdu de son actualité : « L'intérêt accordé à la manière dont les neurosciences pourraient améliorer l'éducation est passé de marginal à central »¹ (p. 4). Son analyse le mène toutefois à dresser un état des lieux mitigé concernant la fécondité des relations entre neurosciences et éducation, en soulignant les malentendus sur lesquels les espoirs de transposition à l'éducation de travaux en neurosciences reposent. Il note qu'il s'agit d'extrapolations dont des conclusions abusives sont tirées. Il démonte certains raisonnements tenus. Ainsi, il détaille la manière dont le phénomène d'explosion synaptique a été dévoyé pour en dériver de soi-disant retombées en éducation. Ce phénomène est devenu un alibi justifiant l'existence de périodes

1. « Interest in how neuroscience might improve education has moved from the margins to center stage. »

critiques pour certains apprentissages et un argument soulevé en faveur de l'incursion dès le plus jeune âge au sein d'environnements d'apprentissage enrichis. Au terme de son article, Bruer aboutit à une double conclusion. La première indique que « Les neurosciences ont peu à offrir aux enseignants en termes de pratique de classe »² (p. 4), puis que « dans la plupart des cas, nous sommes encore loin de comprendre comment ces résultats pourraient contribuer aux progrès... en classe. On ne sait pas encore comment passer de tels résultats à la recherche et à la pratique en éducation »³ (p. 14).

La seconde conclusion, plus ouverte, est que, même si aucun pont direct n'existe, la possibilité que les neurosciences puissent contribuer aux sciences de l'éducation subsiste par l'intermédiaire d'une discipline médiante, en l'occurrence la psychologie cognitive. À cet égard, Bruer souligne la multiplicité des ponts existant tant entre neurosciences cognitives et psychologie cognitive qu'entre psychologie cognitive et sciences de l'éducation. En outre, Bruer ne se prononce pas sur le fait que son constat soit contextualisé à un moment donné de l'avancement de la recherche dans ces domaines ou, à l'inverse, que la nécessité d'une discipline médiante entre neurosciences cognitives et sciences de l'éducation soit intrinsèque. Il prend même soin de moduler sa conclusion d'absence de contribution directe, en précisant que « Des applications éducatives des sciences du cerveau pourraient éventuellement survenir, mais pour l'instant... »⁴ (p. 4). Vingt-cinq ans après la publication de l'article de Bruer, il paraît opportun d'interroger la possibilité, actuelle ou à venir, d'un pont direct et des conditions de mise en place de ce pont.

« Durcir » les sciences de l'apprentissage par le neurone

Pourquoi les neurosciences fascinent-elles tant, alors que les recherches qui portent sur « l'infiniment petit », atomes, particules, cellules, molécules, etc., apparaissent dans l'imaginaire collectif réservées à des spécialistes et se voient reléguées à des recherches fondamentales dont les applications sont certes multiples, mais situées au bout d'une chaîne comprenant de nombreux intermédiaires ? En est témoin l'exemple de la médecine qui, de la découverte d'une molécule à la mise sur le marché d'un médicament, fait l'objet d'une suite d'étapes impliquant une diversité de métiers, tous pourvoyeurs de valeurs ajoutées.

2. « Neuroscience has little to offer teachers in terms of informing classroom practice. »

3. « in most cases, we are still far from understanding how these results might contribute to advances ... in the classroom. It is not yet clear how we move from results like these across the bridge to educational research and practice ».

4. « Educational applications of brain science may come eventually, but as of now... »

Pourquoi le neurone semble-t-il en revanche être perçu différemment, non plus comme une extrémité d'une chaîne spécialisée aux ramifications lointaines, mais comme une incursion directe dans les mystères de la pensée humaine, voire dans les mystères de tout processus fruit d'une activité humaine ? La raison en est selon nous que le neurone apparaît tant dans une partie de la communauté scientifique que dans une partie du grand public comme un moyen d'enfin objectiver le subjectif. Les neurosciences donnent en effet le sentiment d'ouvrir une porte pour que la frontière entre sciences humaines « molles » et sciences « dures » s'estompe (Sander, Gros, Gvozdic, & Scheibling-Sève, 2018, 2021). En effet, Alors que les sciences dites dures ont toutes trouvé leurs « briques élémentaires », unités d'analyse premières qui peuvent être composées dans l'objectif de saisir au plus proche la complexité du système – atomes pour les sciences physiques, ou particules pour la physique nucléaire, cellules pour la biologie, ou ADN pour la génétique, molécules pour la chimie, astres pour l'astronomie, axiomes pour les mathématiques, etc. –, les sciences humaines n'avaient jusqu'à peu vu poindre aucune possibilité de la sorte. Cette absence de concepts noyaux partagés par l'ensemble d'une communauté scientifique pouvait donner le sentiment, profondément insatisfaisant, de construire des connaissances sur du sable. La possibilité même pour une discipline d'existence de concepts élémentaires faisant consensus et sur lesquels il serait possible de s'appuyer pour en élaborer d'autres, apparaissait, jusqu'il y a quelques décennies, constitutive des sciences dures et exclue des humanités. Or les neurosciences sont venues depuis rebattre les cartes. En effet, les humanités ont trait aux humains, les humains sont pourvus de cerveaux, et le neurone donne accès au cerveau. Ainsi est soudain apparue, provoquée par les progrès technologiques sortant l'imagerie cérébrale du domaine de la science-fiction pour la faire entrer dans le laboratoire, la possibilité d'objectiver les phénomènes humains à un niveau de granularité élémentaire – celui du neurone. Le neurone a ainsi rendu tangible sur le plan biologique le projet stupéfiant pour l'espèce humaine de se retrouver chef d'orchestre de sa propre transformation. De là a découlé la vertigineuse perspective pour l'humain de se comprendre lui-même et par extension de se donner les moyens de favoriser le développement de l'ensemble des activités humaines. Et même au premier chef de ces activités, celle qui mise le plus sur les facultés de transformation de l'esprit humain : l'éducation.

De fait, ces dernières décennies ont vu éclore une litanie de « neurodisciplines », dont l'énoncé relève d'un inventaire à la Prévert : neuromarketing, neuroéconomie, neuromanagement, neurofinance, neurogestion, neurocoaching, neurothérapie, neuroesthétique, neurodroit, neuroergonomie, neurosociologie, neuroanthropologie, neuropolitique, neurocréativité, neurosagesse, neuroyoga, neurodesign, neuroméditation, neuroarchitecture, neurogastronomie, neurophilosophie, neuropsychanalyse, neuroéthique,

et... neuroéducation⁵, neuropédagogie, neurodidactique. Deux interprétations opposées de ce constat apparaissent immédiatement. Cette prolifération terminologique pourrait refléter un simple effet de mode conjugué à la naïveté épistémologique ou l'opportunisme carriériste de scientifiques ou d'entrepreneurs qui voient un juteux créneau à occuper. Ou à l'inverse il pourrait s'agir d'un changement de paradigme qui se déroule sous nos yeux, à l'issue duquel, tout comme il est actuellement impensable de former un médecin sans cours de biologie, un pharmacien sans cours de chimie, un architecte sans cours de physique des matériaux, il sera inconcevable dans quelques années d'élaborer sans cours de neurosciences, une formation en marketing, économie, management, finance, gestion, etc., et en éducation.

Cette dichotomie d'interprétation résiste pourtant peu à l'analyse. En effet, certaines disciplines, la neuropsychologie en premier lieu, s'appuient sur les neurosciences sans faire l'objet d'aucun débat en légitimité. Si bien que la place indispensable des neurosciences dans certaines formations n'est pas à prouver. À l'autre extrême du spectre, il fait peu de doute que certains ont perçu un filon à exploiter dans ce qu'il conviendrait sans doute même d'appeler un « neuro-business » ; par exemple,

une entreprise promet une méthode d'apprentissage des langues étrangères qui « utilise 100 % de vos capacités mentales naturelles [...] Le système de codage subconscient de la langue dans le cerveau [...] agit différemment. Il stimule notre cerveau à produire des ondes électromagnétiques appropriées à la bonne fréquence. [...] Une bonne préparation permet 'd'implanter' certaines habitudes dans le subconscient et de les programmer de façon permanente dans votre esprit, ce qui réduira considérablement le temps d'apprentissage. [...] la formule en 2 semaines d'apprentissage automatique [...] synchronise simultanément les hémisphères droit et gauche du cerveau ». Toute personne ayant des connaissances en neurosciences perçoit l'escroquerie, mais tout le monde n'a malheureusement pas cette expertise. (Sander, *et al.*, 2018, p. 8)

Aboutir à une considération générale sur la légitimité d'une discipline à être enrichie par les neurosciences paraît donc inadéquat. Il s'agit plutôt de s'interroger sur le cas de l'éducation et sur les meilleures conditions d'émergence d'un apport effectif des neurosciences. Une certaine connaissance du fonctionnement du cerveau des élèves et des enseignants est-il utile – voire indispensable – pour concevoir des dispositifs pédagogiques ? Est-il devenu aberrant, alors que les travaux en neurosciences cognitives foisonnent, de se lancer dans l'élaboration d'un programme d'enseignement sans prendre appui sur les neurosciences ? La formation aux métiers de l'enseignement devrait-elle inclure dès à présent des cours de neurosciences ? Vivons-nous un décalage entre, d'une part, un état d'avancée de la recherche sur les

5. En anglais : *Educational neuroscience*.

phénomènes d'éducation et, d'autre part, des formations sur l'éducation encore modelées sur un état antérieur d'avancement des connaissances ?

L'allure séduisante des neurosciences

Un support décisif en faveur de l'apport des neurosciences en éducation est l'idée que des observations cérébrales directes – issues donc de l'organe même de la pensée – devraient être en mesure de départager des points de vue antagonistes. Parce que prises à la source même du phénomène, les données cérébrales sont considérées comme moins ambiguës que des données comportementales. En outre, présentées de manière visuelle, les données d'imagerie cérébrale paraissent être plus objectives que les données issues du comportement. En effet la perception première est celle d'une visualisation directe dans le cas de l'imagerie, alors que des traitements statistiques sont nécessaires pour qu'il soit possible de tirer des conclusions dans le cas des données issues du comportement. Des travaux ont même mis en évidence un phénomène de séduction opéré par les données des neurosciences, comme si les indices cérébraux ne prêtaient pas à débat.

Ainsi, une recherche de McCabe et Castel (2008) a montré que lorsque des participants lisaient un soi-disant texte scientifique soutenant des affirmations par une argumentation fallacieuse, la propension de ces participants à déceler les incohérences du texte diminuait dès lors que des images de cerveaux étaient présentées dans le texte, par contraste avec des conditions où les mêmes informations étaient énoncées soit en l'absence de graphique, soit en présence d'un graphique classique de présentation de données statistiques. Ainsi la simple présence d'imagerie cérébrale dans un document augmentait la crédulité d'individus qui par ailleurs étaient en mesure de faire preuve d'esprit critique hors de ce contexte. Ali, Lifshitz, et Raz (2014) ont quant à eux montré un phénomène apparenté dans un cadre bien différent : ils ont trouvé que des étudiants, y compris en psychologie et en neurosciences, se laissaient bernier par la pseudo-faculté à lire les pensées d'une machine soi-disant de neuroimagerie. En fait, un expérimentateur avait tout simplement obtenu les informations par des techniques de prestidigitation puis faisait mine de les découvrir grâce à la machine.

Pourtant, les données issues de l'observation d'activités neuronales ne sont pas plus objectives que les autres données comportementales. Comme données, elles sont sujettes à interprétation. Ces interprétations dépendent des théories dont elles relèvent, sans que l'on puisse prétendre à une objectivité particulière lorsqu'elles sont neuronales. Gentaz (2017) utilise l'expression de « neuro-illusion » pour qualifier cette croyance. La complémentarité des données comportementales et physiologiques – dont celles issues d'observations d'activités neuronales – est aisée à défendre, car elle

traduit la fécondité d'approches qui s'appuient sur une diversité d'indices pour converger vers des conclusions partagées.

En revanche, l'idée selon laquelle les données issues de l'imagerie cérébrale seraient plus pures que les données comportementales, car moins manipulées par les statistiques, est peu soutenable. En effet, des algorithmes de calcul opèrent sur les données neuronales recueillies et ces dernières ne prennent forme visuelle qu'à l'issue de traitements informatiques complexes. Des chercheurs en neurosciences ont d'ailleurs montré que l'application de certains algorithmes usuels en traitement de données d'imagerie cérébrale pouvait aller jusqu'à donner l'illusion d'activation de zones du cerveau de saumons morts placés dans l'IRM (Bennett, Miller, & Wolford, 2009).

Mythes éducatifs et neurosciences : une instrumentalisation réciproque ?

Les travaux qui interrogent les relations réciproques entre neurosciences et éducation font de manière quasi systématique référence aux neuromythes (Howard-Jones, 2014 ; Pasquinelli, 2012). Ce néologisme fait référence à des extrapolations abusives de recherches en neurosciences, dans lesquelles même les chercheurs à l'origine des travaux cités en appui ne se reconnaissent pas. Un cas emblématique est celui de la théorie des intelligences multiples (Gardner, 1983), dont le fondateur mène un combat actif à l'encontre des mythes éducatifs dérivés de sa propre théorie (Gardner, 2020). La place des mythes éducatifs est également conséquente dans l'article de Bruer (1997), en particulier à travers, comme évoqué plus haut, son analyse du dévoiement du phénomène développemental d'explosion synaptique vers le mythe de fenêtres d'apprentissage propres aux premières périodes de vie, encourageant une stimulation ininterrompue des jeunes enfants dans des environnements d'apprentissage enrichis.

Ces neuromythes signent une instrumentalisation réciproque des mythes éducatifs et des neurosciences. Une meilleure compréhension de ce phénomène devrait permettre de saisir les raisons de l'invocation par certains médias et dans le politique de la survenue d'un grand soir pédagogique dérivé des neurosciences. Elle devrait aussi conduire à rendre apparentes certaines limites des travaux issus des neurosciences qui restreignent la crédibilité de cette invocation. Elle devrait enfin permettre d'identifier des conditions pour que, au-delà de ces limites, les travaux en neurosciences puissent contribuer au champ de l'éducation.

Des recherches ont montré la popularité de mythes éducatifs auprès d'enseignants dans une diversité de pays (Blanchette Sarrasin, Riopel, & Masson, 2019 ; Dekker, Lee, Howard-Jones & Jolles, 2012 ; Howard-Jones, 2014). Les plus populaires de ces mythes conduisent à une adhésion avoisinant voire

dépasant les 90 %. C'est le cas de la théorie des styles d'apprentissage et de celle des intelligences multiples. La première affirme que « Les individus apprennent mieux lorsqu'ils reçoivent des informations dans leur style d'apprentissage préféré parmi les styles auditif, visuel et kinesthésique »⁶ (Blanchette Sarrasin, *et al.*, 2019, p. 102), et la seconde que « Les élèves ont un profil d'intelligence prédominant, par exemple, logicomathématique, musical ou interpersonnel, qui doit être pris en compte dans l'enseignement »⁷ (p. 102). Bien que distinguables, ces mythes éducatifs ont en commun de reposer sur une classification des individus et sur l'idée qu'un traitement ciblé sur les caractéristiques individuelles aurait une plus grande efficacité qu'un traitement ne ciblant pas ces différences. Cette idée n'est ni récente ni propre à l'éducation. Par exemple la théorie jungienne des types psychologiques, selon laquelle un croisement de certaines fonctions dominantes de personnalité – sensation, pensée, sentiment, intuition – et d'une orientation introvertie ou extravertie, conduit à la distinction entre différents types d'individus. Cette idée est elle-même une particularisation de la vision selon laquelle l'environnement est catégorisable selon des catégories naturelles exclusives les unes des autres. Cette conception traverse la philosophie occidentale, de Platon à Hobbes, si bien que selon la métaphore du mauvais boucher dans *Phèdre*, progresser dans son intelligence du monde requiert de suivre « *les articulations naturelles et en tâchant de ne rompre aucune partie, comme ferait un mauvais boucher* ». Dans le cas des intelligences multiples, il s'agit aussi de rejeter une vision monolithique de l'intelligence et, par effet de balancier, presque mécaniquement encenser une théorie défendant sa pluralité et sa diversité. Pourtant les nombreux travaux qui ont cherché à mettre à l'épreuve des faits les théories des styles d'apprentissage et celles des intelligences multiples ont abouti à considérer que ces approches ne pouvaient être tenues pour étayées par la recherche. La méta-analyse menée par Pashler, McDaniel, Rohrer, et Bjork (2008) a conduit à un constat sans appel, soit sur les défauts méthodologiques de nombreuses études, soit, pour celles ne présentant pas ces défauts, sur l'absence de résultats étayant la théorie des styles d'apprentissage. La théorie des intelligences multiples, et à fortiori ses déclinaisons éducatives, a souffert de remises en causes tout aussi sévères (Visser, Ashton, & Vernon, 2006), en particulier sur la difficulté pratique à élaborer des tests distinguant les formes d'intelligence identifiées par Gardner et sur les corrélations élevées observées entre les différentes formes d'intelligence, constat dissonant par rapport aux prédictions de la théorie de Gardner.

Un autre mythe éducatif qui n'a pas plus de soutien empirique, sur lequel Bruer (1997) s'est penché en détail, analysé également par Sander, *et al.*

6. « Individuals learn better when they receive information in their preferred learning style among auditory, visual, and kinesthetic styles. »

7. « Students have a predominant intelligence profile, for example, logico-mathematical, musical or interpersonal, which must be considered in teaching. »

(2018), porte sur l'idée que certaines acquisitions doivent avoir eu lieu avant certains âges, sous peine d'une grande difficulté, voire d'une quasi-impossibilité, à récupérer les acquis manquants en dehors de cette fenêtre développementale. L'attrait du sens commun pour cette idée se manifeste par le succès d'ouvrages véhiculant le message « tout se joue avant X ans ». La déclinaison la plus fréquente est le fameux « tout se joue avant 3 ans », mais toutes les valeurs de 1 à 8 ont leurs supporteurs (Sander, *et al.*, 2018). Une conception du développement centrée sur des fenêtres d'apprentissage a des conséquences très directes sur le plan éducatif. En effet, elle sous-entend la nécessité de centrer les efforts sur des périodes de vie précise de l'enfant. Elle incite aussi à imaginer qu'il existerait un déroulement optimal des acquisitions auquel l'école devrait se subordonner. Elle invite également, sur le plan des politiques éducatives, à concentrer les moyens sur des périodes clés. Elle nourrit en outre l'idée qu'aux périodes clés il est utile de stimuler au maximum l'enfant, par le biais d'environnements enrichis, leur permettant ainsi de constituer un capital cognitif précieux dont ils pourront faire bon usage pour la suite de leur vie. Elle véhicule enfin un message potentiellement fataliste relatif aux élèves en échec : en effet, un enseignant peut se penser impuissant devant les difficultés d'un élève qui aurait « raté le coche » de la fenêtre développementale en phase avec l'apprentissage concerné, et pour lequel il ne serait plus possible de faire grand-chose.

Ce qui paraît notable à propos de ces mythes est qu'ils tirent des justifications des neurosciences tout en étant pourtant antérieurs à leur avènement. On peut voir dans ce phénomène une instrumentalisation réciproque des mythes éducatifs et des neurosciences cognitives. Ainsi, les premiers cherchent à renforcer leur légitimité en se prétendant soutenus par des données issues d'observations d'activités neuronales. Par exemple, les théories des styles d'apprentissage et des intelligences multiples mettent en avant des travaux montrant des spécialisations cérébrales localisées. Quant aux partisans du « tout se joue avant... », ils citent d'une part les recherches sur ces phénomènes d'explosion synaptique et d'autre part les travaux montrant certains phénomènes de figement tels que l'apprentissage de l'accent d'une langue, qui reste ponctuels par rapport à toute l'étendue recouverte par la notion d'apprentissage. Ces mythes éducatifs se sentent ainsi renforcés par l'invocation d'une science qui endosse ici la fonction d'objectivation, malgré les nombreux glissements interprétatifs que supposent les références à ces travaux, au point, comme nous l'indiquons plus haut, que les chercheurs eux-mêmes à l'origine des publications citées récusent l'usage qui en est fait. Par exemple, Gardner (2020), à propos des dérivées à visée éducative de sa théorie déclare : « Ce n'est pas une idée que moi-même (ou quiconque à ma connaissance) ai avancé ou défendu »⁸ (p. 2). L'instrumentalisation n'est toutefois pas à sens unique dans ce phénomène. En effet, on peut y percevoir

8. « it is not an idea that I (or anyone else in my knowledge) has put forth or defended ».

que les neurosciences apparaissent renforcées elles aussi lorsqu'elles apportent de la crédibilité à des mythes éducatifs, tout simplement parce que cela renforce l'idée que les neurosciences peuvent jouer un rôle éducatif crucial. Effectivement, si des recherches en neurosciences avaient fait la preuve que les individus diffèrent par leur style d'apprentissage et bénéficient d'enseignements adaptés à leur style, ou encore se distribuent selon une diversité de formes d'intelligence, ou encore sont soumis à des fenêtres temporelles restreintes pour leurs apprentissages, leur statut en éducation en sortirait renforcé. Nous sommes donc en présence d'une instrumentalisation réciproque, avec des mythes éducatifs qui sortent crédibilisés par un soi-disant soutien de résultats issus des neurosciences, et les neurosciences qui voient leur pertinence éducative légitimée par leur supposé soutien à ces théories. Il s'agit toutefois d'un leurre, car aucun appui probant n'est en fait venu des neurosciences pour corroborer ces théories, qui du coup ne peuvent servir de caution aux neurosciences pour légitimer leur pertinence éducative.

Des métaphores conceptuelles à la manœuvre

Une hypothèse intéressante à explorer est que tant l'idée d'une objectivation par les neurosciences de questions ouvertes sur l'éducation, que le soutien réciproque entre mythes éducatif et neurosciences reposent sur des métaphores conceptuelles. Le cadre des métaphores conceptuelles (Johnson, 1987 ; Lakoff & Johnson, 1980, 1999 ; Lakoff & Nuñez, 2000) propose en effet que dès lors qu'une notion est un tant soit peu abstraite, elle soit conçue nécessairement par métaphorisation de connaissances en phase avec des expériences directes de l'individu. Ces métaphores, supposées inconscientes, évoquées de manière irrépessible et orientant l'interprétation d'une situation, sont qualifiées de *conceptuelles* car elles régissent les concepts et de manière dérivée seulement le langage. En effet, un ensemble d'expressions langagières peut découler de ces métaphores, ce qui indique la cohérence de notre système conceptuel et pas simplement un usage d'expressions imagées. Par exemple, Lakoff et Johnson évoquent la notion de débat ou d'argumentation comme s'appuyant principalement sur trois métaphores : la métaphore du combat, celle du parcours et celle de la construction. Ainsi en trouve-t-on trace dans le discours usuel lorsqu'il est question, pour la métaphore du combat, d'une « argumentation offensive », de « camper sur ses positions », de se « retrancher derrière un argument », ou de « capituler face à un argument » ; toutes ces formulations sont empruntées au champ sémantique guerrier, traduisant l'influence de la métaphore conceptuelle selon laquelle un débat est un combat. Des expressions telles qu'une « argumentation solide », « échafauder une argumentation », « bâtir une argumentation », « démolir une argumentation » renvoient quant-à-elles à la métaphore de la construction, tandis que « avancer pas à pas dans son argumentation », « aller trop vite », « faire un

virage à 180° », « se perdre dans les méandres d'une argumentation » reflètent une métaphore de parcours. L'emprunt généralisé à ces trois champs sémantiques lorsqu'il s'agit de qualifier un débat ou une argumentation illustre que ces expressions traduisent la manière dont un individu conçoit un débat ou une argumentation. La théorie des métaphores conceptuelles a notamment été appliquée à des disciplines comme la philosophie (Lakoff & Johnson, 1999) ou les mathématiques (Lakoff & Nuñez, 2000). Ainsi Lakoff et Johnson (1999) revoient-ils les conceptions platonicienne, aristotélicienne, cartésienne, kantienne à l'aune des métaphores conceptuelles. Par exemple, la métaphore *Connaitre est Voir* occupe pour eux une place conséquente dans la philosophie de Descartes, où les idées – objets métaphoriques – sont illuminées par la lumière de la raison. Concernant le champ des mathématiques, la notion d'ensemble est par exemple analysée sous l'angle de la métaphore de la collection d'objet (Lakoff & Nuñez, 2000), et les opérations arithmétiques élémentaires sont vues comme ancrées sur cette métaphore, l'addition étant conçue comme reposant sur le regroupement de deux collections et la soustraction étant conçue comme reposant sur l'exclusion d'une partie d'une collection. La théorie des métaphores conceptuelles se rattache de manière plus large en éducation à la notion de conception intuitive (Gvozdic & Lussi Borer, dans ce numéro ; Gvozdic & Sander, 2018 ; Hofstadter & Sander, 2013 ; Patrick & Pintrich, 2001 ; Sander & Hofstadter, 2020 ; Torff & Sternberg, 2001). Que l'on privilégie la terminologie de préconception (Ausubel, 1968), de méconception (Clement, 1982), de théorie naïve (Carey, 1985), de métaphore conceptuelle (Lakoff & Johnson, 1980), de modèle tacite (Fischbein, 1994), de connaissance naïve (Lautrey, Rémi-Giraud, Sander, & Tiberghien, 2008), de raisonnement naïf (Reiner, Slotta, Chi, & Resnick, 2000) ou encore de savoirs en miettes (diSessa, Gillespie, & Esterly, 2004), ce qui unifie la notion de conception intuitive est de mettre l'accent sur le rôle de connaissances préalables agissant comme cadre interprétatif d'une situation.

Les croyances énoncées précédemment sur le statut d'objectivation accordé aux neurosciences peuvent être attachées à des métaphores conceptuelles. Ainsi la métaphore *Connaitre est Voir* qui vient d'être évoquée apparaît directement mobilisable pour expliquer que des activités mentales visualisables sont interprétées par le sens commun comme révélatrices des mystères de la pensée. Dès lors que l'on partage l'idée que tout apprentissage a une incidence sur le cerveau, le saut interprétatif devient aisé pour conclure que la *vision* d'activités neuronales devrait permettre de *connaitre* la réponse à un questionnement éducatif. Quant aux mythes éducatifs analysés précédemment, ils peuvent être eux aussi examinés à la lumière de la théorie des métaphores conceptuelles. Ainsi la théorie des styles d'apprentissage comme celle des intelligences multiples s'interprètent directement selon la métaphore du genre et des espèces. Une classification biologique populaire distingue une variété d'espèces parmi un certain *genre*, chacune des espèces ayant ses caractéristiques propres susceptibles de requérir un traitement

spécifique pour en favoriser le développement optimal. Si l'on applique ce cadre au *genre* humain, les individus se retrouvent métaphoriquement séparés en *espèces*, chacune ayant ses caractéristiques propres, requérant potentiellement un traitement spécifique pour en favoriser le développement optimal. On reconnaît ici précisément l'idée qu'un enseignement fondé sur le style d'apprentissage identifié d'un élève devrait lui être le plus favorable. De même les déclinaisons éducatives de la théorie des intelligences multiples valorisent des enseignements adaptés en fonction de la forme d'intelligence la plus développée. Le mythe selon lequel « tout se joue avant X ans » est en phase avec une métaphore de la fabrication, selon laquelle les degrés de liberté sont nombreux durant un processus de fabrication, alors qu'une fois la fabrication achevée, les modifications ne peuvent intervenir que de manière marginale. La croyance aux bienfaits des environnements enrichis durant les périodes de développement supposément propices apparaît dérivée du fait que durant le moment de fabrication de telle ou telle pièce d'un système, il est possible d'y attacher un soin particulier et d'en sophistiquer le résultat obtenu.

Une fois identifiée l'influence des conceptions intuitives sur lesquelles les supposés liens entre neurosciences et éducation reposent, seules des relations indirectes subsistent. Si la question du passage du laboratoire à la classe est déjà épineuse et soulève des questions complexes (Gentaz, 2018), conduisant souvent à ne pas répliquer dans le cadre scolaire les effets obtenus dans celui du laboratoire (Gurgand, 2018), une transposition de résultats issus de l'observation d'activités neuronales à des pratiques de classe apparaît forcément indirecte. Qu'il s'agisse, pêle-mêle, du passage au comportemental, au collectif, à l'interactivité, à une échelle temporelle élargie, à la prise en compte de contenus liés à des disciplines scolaires spécifiques, on perçoit autant de dimensions de complexité.

Les travaux issus des neurosciences sont susceptibles d'apporter des éclairages à des questions de psychologie, qui elles-mêmes peuvent se traduire par des choix qui influencent des pratiques de classe. En revanche, les neurosciences prises de manière isolées sont muettes sur l'éducation, de sorte que des apports deviennent concevables uniquement à condition de les inscrire dans le champ des sciences cognitives (Andler, 2018). Ainsi, les mythes éducatifs sont apparus comme soutenus par des métaphores conceptuelles inconscientes, qui dessinent un cadre à l'intérieur duquel des résultats issus des neurosciences peuvent aussi trouver place, conduisant aux amalgames identifiés dans cet article. Tant qu'il y a méconnaissance du domaine concerné, les affirmations véhiculées dans l'inconscient collectif et parfois relayées dans les médias pourront trouver un écho favorable, car ces conceptions intuitives constituent un cadre interprétatif qui paraît cohérent. Afin de limiter les effets délétères de l'adhésion à des mythes éducatifs, en particulier parmi les professionnels de l'éducation (Dekker, *et al.*, 2012 ; Howard-Jones, 2014), un enjeu majeur est d'élaborer des formations

qui contrecarrent les métaphores conceptuelles originelles. Une fois ces dernières identifiées, il est en effet possible de chercher à promouvoir des cadres interprétatifs alternatifs qui ne souffrent pas des mêmes limites que les conceptions intuitives originelles. Une piste qui paraît prometteuse est celle du cadrage métaphorique permettant d'introduire de tels cadres alternatifs (Thibodeau & Boroditsky, 2011 ; Thibodeau, Hendricks, & Boroditsky, 2017) susceptible de soutenir le développement de l'esprit critique (Sander, Marcoux, *et al.*, 2021 ; Scheibling-Sève, Pasquinelli, & Sander, 2021). Par exemple, l'idée du renforcement du style d'apprentissage d'un élève est soutenue par l'idée séduisante de potentialités individuelles qu'il est possible de faire se révéler à l'issue d'un traitement particularisé. La perspective alternative d'avoir plusieurs cordes à son arc ou la métaphore de l'œil paresseux éduicable à condition de masquer l'autre œil, ou encore la transposition dans le cadre alimentaire des dangers de renforcer les préférences individuelles constituent autant de possibilité de montrer que l'idée des styles d'apprentissage est questionnable.

Conclusion

Tout en étant d'une certaine manière la raison d'être même du système éducatif, l'élève reste pourtant une part de ce système aux multiples dimensions en interrelations, concernant notamment les politiques éducatives, elles-mêmes sujettes à des paramètres économiques, la formation des enseignants, les contenus même des savoirs disciplinaires, la sociologie des différents acteurs (élèves, enseignants, familles, etc.), les processus d'interaction entre ces acteurs, les mécanismes psychologiques en jeu, etc. Ainsi, la possibilité d'une transposition à une pratique de classe d'une découverte sur le plan neuronal apparaît contrainte par cette multidimensionnalité. L'hétérogénéité des niveaux de granularité auxquels ces différents composants suscitent des analyses rend en outre d'autant plus complexe les transpositions. C'est en effet une cascade de phénomènes en interaction permanente qu'il s'agit d'appréhender.

La conscience du gigantesque chemin qui sépare la découverte d'une molécule de l'administration d'un médicament rend aussi sensible au fait qu'une étude de neurosciences fondamentales ne saurait trouver sans étapes préalables une application immédiate en classe, pas plus qu'une innovation pédagogique déconnectée de la recherche serait susceptible d'aboutir à de nouveaux principes en éducation. Entre un résultat scientifique issu de la recherche fondamentale, différentes étapes sont nécessaires pour valider son utilisation en pratique clinique. En serait-il de même entre un résultat fondamental des neurosciences cognitives et une application pratique en éducation ? À défaut d'une contribution directe aux pratiques éducatives, les neurosciences cognitives restent susceptibles de nourrir des études

en fournissant de nouvelles hypothèses à tester ou de nouveaux outils, de nouveaux modèles, qui pourront être évalués par des études de psychologie expérimentale ou de sciences de l'éducation (Mayer, 2017). Quelle chaîne de preuves est nécessaire pour injecter de nouvelles pratiques ou théories éducatives ? Ces preuves peuvent-elles aider à identifier les pratiques éducatives les plus compatibles avec les mécanismes biologiques dont dispose le cerveau pour apprendre ? Quelle articulation aussi des sciences de l'éducation dans cette chaîne ? Autant de questionnements qui ont été ébauchés dans ce texte tout en méritant chacun approfondissement.

Il est notable qu'un nombre croissant de projets conduisant à des pratiques d'enseignement fait appel à la multidisciplinarité et s'appuie sur des résultats de la recherche, y compris de recherches en neurosciences. Certains s'inscrivent dans un processus de coélaboration avec les professionnels de l'éducation, dont l'expérience de terrain n'a pas toujours été considérée à sa juste valeur. C'est notamment le cas dans le champ francophone du projet ACE/Arithmécole (Fischer, Sander, Sensevy, Vilette, & Richard, 2018 ; Vilette, Fischer, Sander, Sensevy, Quilio, & Richard, 2017). Cette ingénierie coopérative a conduit à l'élaboration d'une progression d'apprentissage en mathématiques à l'école primaire (Sensevy, dans ce numéro). Celle-ci est le fruit direct de collaborations entre des chercheurs en psychologie cognitive du développement et en didactique des mathématiques, et s'appuie sur des recherches en psychologie des apprentissages (Gamo, Nogry, & Sander, 2014 ; Gamo, Sander, & Richard, 2010 ; Gros, Sander, & Thibaut, 2019 ; Gros, Thibaut, & Sander, 2021 ; Gvozdic & Sander, 2020 ; Sander, 2016), en neurosciences (Dehaene, 2010 ; Fayol, 2013 ; Vilette, 2016), ainsi qu'en sciences de l'éducation, en particulier en didactique des mathématiques (Brousseau, 1998 ; Sensevy, Quillio, & Mercier, 2015). Les résultats montrent des progressions encourageantes des élèves (Fischer, *et al.*, 2018 ; Gvozdic & Sander, 2020 ; Vilette, *et al.*, 2017). À cette progression accrue des élèves impliqués dans le dispositif ACE/Arithmécole s'ajoute, par rapport à un groupe contrôle, une réduction des écarts séparant les élèves les moins performants des plus performants. Cela illustre le potentiel de dispositifs de recherche s'inscrivant dans un ancrage multiple tant sur le plan de la diversité disciplinaire que de l'articulation entre recherche et terrain.

Ainsi, dès lors que des disciplines médiantes, telles que la psychologie de l'éducation, sont mobilisées, les perspectives apparaissent nombreuses. En effet, les résultats issus des neurosciences constituent un apport complémentaire par rapport aux mesures comportementales usuelles dès lors qu'ils sont intégrés à des théories psychologiques. En outre un enjeu fort est celui de l'évolution des disciplines même comme conséquence de leurs interactions, incluant des apports mutuels qui conduisent à des évolutions réciproques des cadres (Mayer, 2017). Cette évolution des cadres peut jouxter une évolution des conceptions des chercheurs et des acteurs de l'éducation, avec une acculturation réciproque. Gageons qu'une dynamique effective de

rapprochements entre chercheurs en neurosciences et enseignants conditionne la possibilité d'une inscription des neurosciences dans les pratiques éducatives. En effet, si le succès des neuromythes dans la population est révélateur à la fois d'une connaissance limitée des résultats des travaux, des cadres et des méthodologies de la recherche, la réciproque mérite tout autant d'être interrogée dans la mesure où les occasions d'interactions effectives avec des enseignants pour des chercheurs en neuroscience est institutionnellement rare, reflet de la multiplicité des ponts actuellement à emprunter.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ali, S.S., Lifshitz, M., & Raz, A. (2014). Empirical neuroenchantment : From reading minds to thinking critically. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 357. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00357>
- Andler, D. (2018, 25 mars). Les inquiétudes concernant l'entrée des sciences cognitives à l'école sont injustifiées. *Le Monde*. https://www.lemonde.fr/idees/article/2018/03/25/daniel-andler-les-inquietudes-concernant-l-entree-des-sciences-cognitives-a-l-ecole-sont-injustifiees_5276133_3232.html
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology : A cognitive view*. New York : Holt, Rinehart, & Winston.
- Bennett, C.M., Miller, M.B., & Wolford, G.L. (2009). Neural correlates of interspecies perspective taking in the post-mortem Atlantic Salmon : An argument for multiple comparisons correction. *Neuroimage*, 47 (Suppl. 1), S125. [https://doi.org/10.1016/S1053-8119\(09\)71202-9](https://doi.org/10.1016/S1053-8119(09)71202-9)
- Blanchette Sarrasin, J., Riopel, M., & Masson, S. (2019). Neuromyths and their origin among teachers in Quebec. *Mind, Brain, and Education*, 13(2), 100–109. <https://doi.org/10.1111/mbe.12193>
- Brousseau, G. (1998). *Théories des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée sauvage.
- Bruer, J.T. (1997). Education and the brain : A bridge too far. *Educational Researcher*, 26(8), 4–16.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge : MIT Press.
- Clement, J. (1982). Algebra word problem solutions : Thought processes underlying a common misconception. *Journal for Research in Mathematics Education*, 13(1), 16–30.
- Dehaene, S. (2010). *La bosse des maths*. Paris : Odile Jacob.
- Dekker, S., Lee, N.C., Howard-Jones, P., & Jolles, J. (2012). Neuromyths in education : Prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Frontiers in psychology*, 3, 429. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00429>
- diSessa, A.A., Gillespie, N.M., & Esterly, J.B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive science*, 28(6), 843–900.

- Fayol, M. (2013). *L'acquisition du nombre* (2^e éd.). Paris : PUF.
- Fischbein, E., (1994). Tacit models. In D. Tirosh (Ed.), *Implicit and explicit knowledge : An educational approach* (pp. 97–109). Norwood, NJ : Ablex Publishing Corporation.
- Fischer, J.-P., Sander, E., Sensevy, G., Vilette, B., & Richard, J.-F. (2018). Can young students understand the mathematical concept of equality ? A whole-year arithmetic teaching experiment in second grade. *European Journal of Psychology of Education*, 34(2), 439–456. <https://doi.org/10.1007/s10212-018-0384-y>
- Gamo, S., Nogry, S., & Sander, E. (2014). Apprendre à résoudre des problèmes en favorisant la construction d'une représentation alternative chez des élèves scolarisés en éducation prioritaire. *Psychologie française*, 59(3), 215–229.
- Gamo S., Sander E., & Richard J.-F. (2010). Transfer of strategies by semantic recoding in arithmetic problem solving. *Learning and Instruction*, 20, 400–410.
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind : The theory of multiple intelligences*. New York : Basic Books.
- Gardner, H. (2020). 'Neuromyths' : A critical consideration. *Mind, Brain, and Education*, 14(1), 2–4. <https://doi.org/10.1111/mbe.12229>
- Gentaz, E. (2018). Du labo à l'école : le délicat passage à l'échelle. *La Recherche*, 539, 42–46.
- Greenberg, J. (1966). *Language universals, with special reference to feature hierarchies*. La Haye : Mouton.
- Gros, H., Sander, E., & Thibaut, J.-P. (2019). When masters of abstraction run into a concrete wall : Experts failing arithmetic word problems. *Psychonomic Bulletin & Review*, 26(5), 1738–1746. <https://doi.org/10.3758/s13423-019-01628-3>
- Gros, H., Thibaut, J.-P., & Sander, E. (2021). What we count dictates how we count : A tale of two encodings. *Cognition* (online first). <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104665>
- Gurgand, M. (2018, 1^{er} février). *Expérimentation scolaire : du laboratoire à la classe*. Conférence au Collège de France, Paris.
- Gvozdic, K., & Lussi Borer, V. (2021). Appréhender les transformations de l'activité versus de la cognition des enseignant-es : approches (in)compatibles ? *Raisons éducatives*, 25, 69–94. <https://doi.org/10.3917/raised.025.0069>
- Gvozdic, K., & Sander, E. (2018). When intuitive conceptions overshadow pedagogical content knowledge : Teachers' conceptions of students' arithmetic word problem solving strategies. *Educational Studies in Mathematics*, 98(2), 157–175. <https://doi.org/10.1007/s10649-018-9806-7>
- Gvozdic, K., & Sander, E. (2020). Learning to be an opportunistic word problem solver : Going beyond informal solving strategies. *ZDM*, 52(1), 111–123. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01114-z>
- Hofstadter, D., & Sander, E. (2013). *L'Analogie : cœur de la pensée*. Paris : Odile Jacob.

- Howard-Jones, P.A. (2014). Neuroscience and education : myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*, 15, 817–824.
- Johnson, M. (1987). *The body in the mind : The bodily basis of meaning, reason and imagination*. Chicago : University of Chicago Press.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago : The University of Chicago Press.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh : The embodied mind and its challenge to Western thought*. New York : Basic Books.
- Lakoff, G., & Nuñez, R. (2000). *Where mathematics comes from : How the embodied mind brings mathematics into being*. New York : Basic Books.
- Lautrey, J., Rémi-Giraud, S., Sander, E., & Tiberghien, A. (2008). *Les connaissances naïves*. Paris : Armand Colin.
- Mayer, R.E. (2017). How can brain research inform academic learning and instruction ? *Educational Psychology Review*, 29(4), 835–846. <https://doi.org/10.1007/s10648-016-9391-1>
- McCabe, D.P., & Castel, A.D. (2008). Seeing is believing : The effect of brain images on judgments of scientific reasoning. *Cognition*, 107(1), 343–352.
- OCDE (2007). *Comprendre le cerveau : naissance d'une science de l'apprentissage*. OCDE.
- Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D., & Bjork, R. (2008). Learning styles : Concepts and evidence. *Psychological science in the public interest*, 9(3), 105–119.
- Pasquinelli, E. (2012). Neuromyths : Why do they exist and persist ? *Mind, Brain, and Education*, 6(2), 89–96.
- Patrick, H., & Pintrich, P.R. (2001). Conceptual change in teachers' intuitive conceptions of learning, motivation, and instruction : The role of motivational and epistemological beliefs. *Understanding and teaching the intuitive mind : Student and teacher learning*, 117–143.
- Ramus, F. (2018, 16 mars). *Les Neurosciences peuvent-elles éclairer l'éducation ?* Semaine du cerveau, Département d'Études Cognitives de l'ENS, Paris.
- Reiner, M., Slotta, J.D., Chi, M.T.H., Resnick, L.B. (2000). Naive physics reasoning : A commitment to substance-based conceptions. *Cognition and Instruction*, 18(1), 1-34.
- Sander, E. (2016). Enjeux sémantiques pour les apprentissages arithmétiques. *Bulletin de Psychologie*, 546(6), 463–469.
- Sander, E., Gros, H., Gvozdic, K., & Scheibling-Sève, C. (2018). *Les neurosciences en éducation*. Paris : Retz.
- Sander, E., Gros, H., Gvozdic, K., & Scheibling-Sève, C. (2021). Psychologie et neurosciences : enjeux pour l'éducation. In M. Khamassi (Éd.), *Neurosciences cognitives de l'adulte* (pp. 233–253). Bruxelles : De Boeck.
- Sander, E., & Hofstadter, D. (2020). Analogy-making : Fallible, inevitable, indispensable. In C. Peres (Ed.), *Wie entsteht Neues. Analogisches Denken, Kreativität und Leibniz' Idee der Erfindung* (pp. 33–66). Paderborn : Wilhem Fink.

- Sander, E., Marcoux, G., Wyss, A., Naud, S., Scheibling-Sève, C., Gros, H., & Gvozdic, K. (2021). Caractère résilient des conceptions intuitives des notions de justice et de liberté : résultats d'une étude au collège dans le cours d'enseignement moral et civique. *PsyArxiv*. <https://doi.org/10.31234/osf.io/58jpc>
- Scheibling-Sève, C., Pasquinelli, E., & Sander, E. (2021). Esprit critique et flexibilité. In E. Clément (Ed.), *La flexibilité cognitive : pierre angulaire de l'apprentissage* (pp. 81–114). Londres : ISTE.
- Sensevy, G. (2021). Des sciences interventionnelles ancrées sur des alliances entre recherche et terrain ? Le cas des ingénieries coopératives. *Raisons éducatives*, 25, 167–199. <https://doi.org/10.3917/raised.025.0167>
- Sensevy, G., Quilio, S., & Mercier, A. (2015, juin). Arithmetic and comprehension at elementary school. *ICMI 23 Proceedings*, Macao.
- Thibodeau, P.H., & Boroditsky, L. (2011). Metaphors we think with : The role of metaphor in reasoning. *Plos One*, 6(2), e16782-e16782. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016782>
- Thibodeau, P.H., Hendricks, R.K., & Boroditsky, L. (2017). How linguistic metaphor scaffolds reasoning. *Trends in cognitive sciences*, 21(11), 852–863. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2017.07.001>
- Torff, B., & Sternberg, R.J. (Éds.) (2001). Understanding and teaching the intuitive mind : Student and teacher learning. Londres : Routledge.
- Vilette, B. (2016). Effets d'entraînements basés sur l'estimation numérique auprès d'enfants avec une dyscalculie ou des troubles du calcul. *Développements*, 20–21, 57–77.
- Vilette, B, Fischer, J.-P., Sander, E., Sensevy, G., Quilio, S., & Richard, J.-F. (2017). Peut-on améliorer l'enseignement et l'apprentissage de l'arithmétique au CP ? Le dispositif ACE. *Revue française de pédagogie*, 201, 105–120.
- Visser, B.A., Ashton, M.C., & Vernon, P.A. (2006). Beyond *g* : Putting multiple intelligences theory to the test. *Intelligence*, 34(5), 487–502.

Notice biographique

Professeur ordinaire à la Faculté de psychologie et de sciences de l'éducation de l'Université de Genève dans le domaine « Intervention en situation scolaire : apprentissage et développement », **Emmanuel Sander** y dirige le Laboratoire IDEA (Instruction, Développement, Éducation, Apprentissage). Ses recherches sont consacrées à l'analyse des représentations mentales et des processus interprétatifs dans le champ scolaire. Elles établissent les relations entre apprentissages scolaires et connaissances construites hors du cadre scolaire, dans l'objectif de montrer comment s'appuyer sur ces dernières pour faire évoluer les premières. Il a développé une théorie des mécanismes de construction des connaissances fondée sur l'analogie, processus transversal permettant d'appréhender la nouveauté.

COURRIEL : EMMANUEL.SANDER@UNIGE.CH

**Axe 2 : Relations recherche-terrain,
laboratoire-classe, sciences interventionnelles**

Articuler connaissances en psychologie cognitive et ingénierie pédagogique

André Tricot

Université Paul Valéry Montpellier 3

RÉSUMÉ – Quand elle s’intéresse à l’apprentissage, la psychologie cognitive a pour objectif de comprendre comment les humains apprennent. L’ingénierie pédagogique a pour objectif de fournir des connaissances et des méthodes utiles lors de la conception de situations d’enseignement. Les deux disciplines n’ont donc ni le même objet (apprentissage vs. enseignement), ni le même statut (science vs. ingénierie). L’objectif de cet article est de montrer comment on peut articuler connaissances en psychologie cognitive et ingénierie pédagogique. La théorie de la charge cognitive est utilisée comme exemple pour montrer comment on peut produire des connaissances pour l’ingénierie pédagogique à partir d’hypothèses fondées sur une description précise des structures et des fonctions cognitives impliquées dans les apprentissages. Cette théorie illustre que les connaissances pour l’ingénierie sont conditionnelles : leur mise en œuvre dépend de la situation à concevoir et notamment des connaissances antérieures des élèves.

MOTS CLÉS – Apprentissage, enseignement, ingénierie pédagogique, psychologie cognitive

Introduction

Parmi les connaissances utiles aux enseignant.e.s lorsqu’elles ou ils conçoivent une situation ou un support d’enseignement, certaines relèvent de l’ingénierie (Dessus, 2006 ; Musial & Tricot, 2020), c’est-à-dire de connaissances utiles pour résoudre des problèmes complexes et mal définis. Ces connaissances

peuvent relever de l'expérience professionnelle, qui permet de trouver des solutions aux problèmes complexes en utilisant de façon plus ou moins contrôlée des analogies avec des situations déjà mises en œuvre. Ce sont aussi des connaissances qui peuvent être issues de travaux scientifiques, qui peuvent être utilisées de façon plus contrôlée et méthodique. Mais l'activité de conception ne relève pas en elle-même de l'activité scientifique. Voici les principales différences entre ces deux activités (Tricot, 2017) :

- Générer des connaissances scientifiques peut être caractérisé ainsi :
 - (a) c'est une activité où les objectifs sont largement auto-décidés : c'est la ou le chercheur.e qui définit (souvent collectivement) ses objectifs de recherche, elle ou il ne répond pas à une commande.
 - (b) Le rôle du hasard est très important dans la découverte scientifique.
 - (c) La méthode utilisée pour générer cette connaissance est reconnue par une communauté.
 - (d) La validité scientifique de la connaissance est le critère majeur, qui arrive loin devant les questions de temps et de moyens mis en œuvre pour élaborer cette connaissance.
- Pour élaborer une solution à un problème de conception, la personne doit :
 - (a) définir progressivement l'objectif à atteindre à partir d'une commande qui est souvent sous-spécifiée.
 - (b) Cette personne doit tenir compte des moyens qui lui sont fournis, par exemple le temps disponible pour trouver la solution.
 - (c) La personne doit aussi tenir compte des contraintes en utilisant des connaissances et des méthodes pour construire une solution optimale. Une autre solution aurait pu être trouvée si l'on avait donné plus de moyens, ou imposé moins de contraintes.
 - (d) La validité de la solution réside dans son optimalité : elle est relative à un équilibre entre l'atteinte de l'objectif, l'utilisation des moyens et le respect des contraintes.

L'activité de conception est tout aussi différente de la mise en œuvre d'une solution ou d'une procédure prédéfinies, pour résoudre un problème bien défini.

Les travaux en ingénierie pédagogique (*instructional design*) considèrent que préparer un enseignement relève, le plus souvent, de la conception. La commande est ce qui se trouve dans les programmes scolaires : elle est largement sous-spécifiée. L'objectif est élaboré progressivement, il permet de répondre à la question : « qu'est-ce que mes élèves auront appris à la fin de cette séquence ? à la fin de cette séance ? » La situation d'enseignement est

élaborée en fonction de moyens : « quels temps, matériels, lieux sont disponibles ? » Elle tient aussi compte de contraintes : « combien d'élèves dans la classe ? Quelles sont leurs connaissances sur le sujet ? Sont-ils intéressés par ce sujet ? Quelle confiance dans leur capacité à apprendre dans cette discipline ? » Elle utilise des connaissances et des méthodes issues de travaux de recherche en ingénierie pédagogique (un exemple sera longuement développé ci-après). L'objectif est de construire une solution optimale, qui réponde aux questions : « Quelle progression ? Quelles tâches ? Quel engagement dans ces tâches ? Quels supports ? Quelles aides ? Quelle régulation des apprentissages ? Quelle évaluation ? » (Musial & Tricot, 2020).

La combinaison de l'ensemble des objectifs, des contraintes et des moyens qu'il faut prendre en compte conduit à élaborer une solution à chaque fois unique. Il suffit de modifier une contrainte (par exemple le nombre d'élèves dans la classe) et la solution sera probablement différente. En ingénierie il est donc possible de distinguer clairement la connaissance et la solution. La validité d'une connaissance en ingénierie réside dans sa capacité à aider les personnes à élaborer des solutions. La scientificité d'une connaissance en ingénierie relève des critères habituels de la science dans le domaine où la connaissance a été générée. Par exemple, la scientificité d'une connaissance en ingénierie pédagogique qui porterait sur les apprentissages des élèves relève des méthodes utilisées dans la communauté scientifique qui travaille sur les apprentissages (des élèves).

Parmi les travaux en ingénierie pédagogique, certains font peser une double exigence sur les hypothèses qu'ils testent :

(a) une exigence de validité externe : les hypothèses portent sur l'efficacité de telle manière de présenter un support ou des tâches qui relèvent véritablement des apprentissages scolaires ;

(b) une exigence de validité interne : les hypothèses sont fondées sur une description précise des structures et des fonctions cognitives impliquées dans les apprentissages.

La théorie de la charge cognitive de John Sweller et la théorie cognitive de l'apprentissage multimédia de Richard Mayer font partie des travaux qui répondent à ces deux exigences. Ces théories s'opposent sur le point (a) que nous venons d'évoquer, aux travaux dans le domaine de la psychologie cognitive qui ont comme source des expériences de laboratoire. C'est le cas par exemple de travaux sur l'efficacité des apprentissages distribués (avec des interruptions, en plusieurs sessions) vs. massés (sans interruption, en une seule session) (e.g. Donovan & Radosevich, 1999) ou de ceux consacrés au *testing effect* (e.g. Rowland, 2014). Ces travaux ne portent pas au départ sur les apprentissages scolaires mais typiquement sur la mémorisation de listes de mots. Les effets solidement établis au plan expérimental sont ensuite exportés, avec plus ou moins de bonheur, vers les apprentissages

scolaires (e.g. McDaniel, Roediger, & McDermott, 2007). Cette démarche qui part des résultats de la psychologie cognitive des apprentissages peut donner lieu à des développements très aboutis en ingénierie pédagogique comme dans le grand classique de Gagne et Briggs (1974). La théorie de la charge cognitive ou celle de l'apprentissage multimédia s'opposent aussi sur le point (b) à de nombreux travaux : la recherche en ingénierie pédagogique n'a pas besoin, dans la plupart des cas, d'une architecture cognitive qui décrit précisément comment les humains apprennent. Beaucoup plus centrée sur l'activité de conception d'un enseignement, elle propose des méthodes pour celle-ci, c'est-à-dire des manières de définir des objectifs, des moyens et des contraintes, ainsi que des procédures pour atteindre ces objectifs en utilisant ces moyens et en prenant en compte ces contraintes. Cette approche est typiquement celle du modèle ADDIE (Schlegel, 1995).

Je vais maintenant prendre l'exemple de la théorie de la charge cognitive pour illustrer les connaissances que ce type de recherche en ingénierie pédagogique peut générer.

La théorie de la charge cognitive

Une architecture cognitive

Dans deux publications récentes (Puma & Tricot, 2019, 2021), nous avons décrit comment cette théorie a dû, depuis le milieu des années 1980, évoluer et faire évoluer l'architecture cognitive sur laquelle elle se fonde pour tenir compte des résultats empiriques contradictoires qu'elle obtenait. Aujourd'hui, cette théorie est fondée sur une architecture cognitive avec une mémoire à long terme à capacité illimitée et une mémoire de travail à capacité limitée, selon les cinq principes suivants (Sweller, 2016).

Une mémoire à long terme à capacité illimitée

Notre mémoire à long terme stocke une très grande quantité de connaissances. Ces connaissances peuvent être extrêmement complexes ou plus simples, sans que l'effort que l'on doit fournir pour apprendre ne soit directement lié à la complexité perçue de la connaissance. Une connaissance extrêmement complexe, comme la reconnaissance de visages, s'apprend sans effort cognitif conscient. L'essentiel de l'expertise réside dans l'activation de connaissances en mémoire à long terme, et non dans des traitements ou des raisonnements profonds (e.g. les grands maîtres aux échecs raisonnent moins que les novices, mais utilisent leurs connaissances en mémoire à long terme).

Le principe d'emprunt et de réorganisation

Beaucoup de connaissances secondaires, dans le sens où elles ont été créées récemment par les humains, sont empruntées à d'autres humains. Les humains ont une capacité naturelle à coopérer qui leur permet d'apprendre par enseignement et par imitation. « Les *homo sapiens* sont adaptés pour agir et penser de façon coopérative au sein de groupes culturels, et, en effet, toutes les grandes réalisations cognitives humaines (technologies complexes, symboles mathématiques et linguistiques, institutions humaines...) sont les produits non pas d'individus isolés mais d'individus en interaction » (Tomasello, 2015). Les connaissances primaires, issues de la longue évolution de notre espèce, fournissent les habiletés nécessaires pour ce type d'emprunt (e.g. aptitude à imiter et écouter les autres). Par exemple, la lecture est une connaissance secondaire, qui est fondée sur l'habileté primaire à écouter et à segmenter les sons de la parole. L'acquisition de connaissances implique invariablement un certain niveau de réorganisation des connaissances en mémoire à long terme (i.e. accommodation au sens de Piaget, 1967).

Le hasard comme principe de genèse

Si la plupart des informations stockées en mémoire à long terme ont été empruntées à autrui, il nous arrive de notre retrouver dans une situation où personne n'est disponible pour nous fournir ces connaissances. Nous devons alors les générer par l'activité de résolution des problèmes. Sans aucune indication pour résoudre le problème, nous n'avons pas d'autres choix que de procéder par analogie avec une situation connue, ou par essais au hasard, puis nous évaluons l'effet de notre tentative pour en vérifier l'efficacité. Les actions efficaces sont retenues et celles qui sont inefficaces sont rejetées.

Les limites étroites du principe de changement

La mémoire de travail (synonyme de conscience) a une capacité très limitée en quantité et en temps, pour traiter l'information en provenance des registres sensoriels, pour éviter le traitement d'une infinité de possibilités d'actions et de compréhensions contenues dans notre environnement. Nous examinons rapidement un nombre limité de combinaisons possibles. Seules celles qui « font sens » sont maintenues plus que quelques secondes (celles qui ont l'effet voulu et celles qui mobilisent des connaissances en mémoire à long terme).

Le principe environnemental d'organisation et de liaison

L'administrateur central de la mémoire de travail est une fonction des connaissances en mémoire à long terme (comme dans le modèle d'Ericsson & Kintsch, 1995). La fonction de la mémoire de travail à long terme est de fournir un lien organisé à l'environnement. Le but de l'information à long terme (la connaissance) est de guider l'activité. Le principe environnemental d'organisation

et de liaison permet de transférer très facilement et rapidement d'énormes quantités d'informations de la mémoire à long terme à la mémoire de travail et d'utiliser ces connaissances pour comprendre les situations (e.g. en lecture)

Théorie de la charge cognitive et ingénierie pédagogique

Cette architecture cognitive et ces principes fournissent un cadre théorique au sein duquel on peut analyser l'exigence cognitive de chaque situation d'apprentissage scolaire comme relevant de trois sources (Sweller, Van Merriënboer, & Paas, 1998, 2019) :

- la charge intrinsèque, liée aux informations à traiter pour réaliser la tâche ;
- la charge extrinsèque, liée aux informations inutiles pourtant présentes sur les supports ;
- la charge essentielle, liée à l'apprentissage lui-même, c'est-à-dire à la transformation de connaissances.

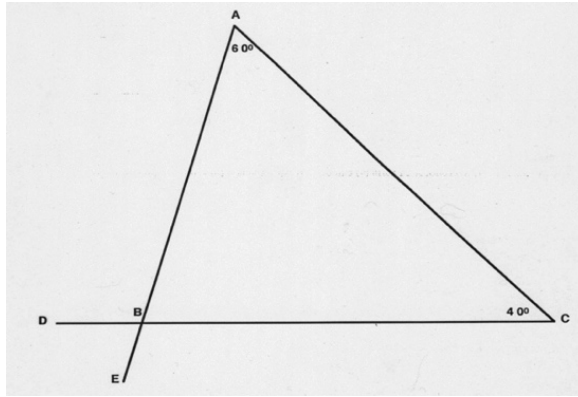
Au sein de cette théorie, depuis le milieu des années 1980 (par exemple Owen & Sweller, 1985) entre 7 000 et 8 000 expérimentations randomisées, où un groupe expérimental est comparé à un groupe contrôle, les deux groupes étant soumis au même prétest et au même posttest de connaissances, ont essayé de mettre au jour des « effets » pour réduire la charge extrinsèque, voire la charge intrinsèque, afin de libérer le plus de ressources cognitives possible pour l'apprentissage lui-même. Chaque effet obtenu est soumis à la réplication expérimentale, dans des pays différents, avec des élèves d'âge différents, dans des disciplines scolaires différentes. Dans la partie suivante, je présente les principaux effets obtenus et j'indique les résultats des méta-analyses disponibles qui portent sur ces effets.

Les effets mis en évidence au sein de la théorie de la charge cognitive

L'effet de non-spécification du but

Il est généralement plus efficace de ne pas trop spécifier le but d'un problème comme celui présenté dans la figure 1 (Sweller & Levine, 1982). Un énoncé comme « Calculez la valeur d'autant d'angles que vous pourrez » permet un meilleur apprentissage qu'un énoncé « Calculez la valeur de l'angle DBE ». En effet, ce type d'énoncé enlève une exigence de la tâche : celle qui consiste à identifier que l'angle DBE n'est pas calculable directement, et qu'il faut donc commencer par calculer l'angle ABC. L'apprentissage de la mise en œuvre de la somme des angles du triangle et des angles opposés par le sommet est le même.

Figure 1. Résoudre un problème sans but spécifié réduit la charge cognitive intrinsèque.



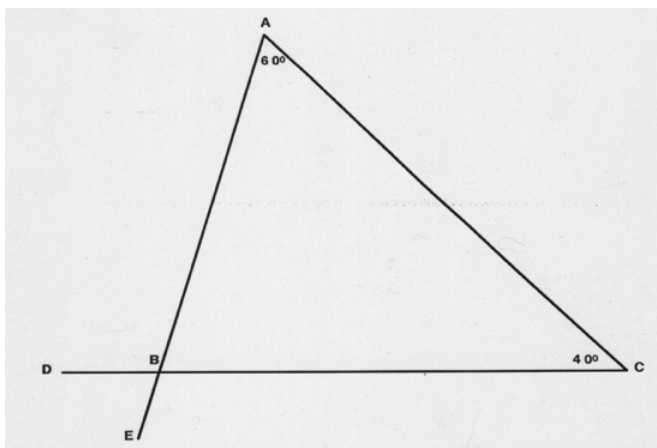
Problème sans but spécifié : Dans la figure ci-dessus, calculez autant d'angles que vous pouvez.

Problème conventionnel : Dans la figure ci-dessus, calculez la valeur de l'angle DBE.

L'effet du problème résolu ou de l'exemple à travailler

Il est généralement plus efficace d'étudier un problème résolu que de résoudre un problème pour apprendre : par exemple, pour le problème présenté dans la figure 2, on peut, en dessous de l'énoncé, écrire la solution du problème, qui passe par la somme des angles d'un triangle qui est égale à 180° ; puis par les deux angles opposés par le sommet qui sont égaux. Si on donne à des élèves cinq problèmes résolus puis un problème à résoudre, *versus* six problèmes à résoudre, le sixième problème sera mieux réussi dans la première condition que dans la seconde. Cet effet, peut-être parce qu'il peut paraître contrintuitif, a été répliqué plusieurs centaines de fois depuis Sweller et Cooper (1985 ; voir aussi la synthèse de Renkl, 2013) dans des disciplines scientifiques, technologiques, littéraires et linguistiques. Par exemple, les élèves rédigent de meilleures rédactions après avoir étudié une rédaction que s'ils rédigent directement (Kyun, Kalyuga, & Sweller, 2013). Ils apprennent plus de concepts et de mots dans une langue vivante étrangère si on leur propose de lire un texte traduit qu'un texte non traduit (Roussel, Joulia, Tricot, & Sweller, 2016). La méta-analyse de Crissman (2006) montre une taille d'effet moyenne ($d = 0,57$) quand l'étude de problèmes résolus est comparée à la résolution de problèmes. Les problèmes résolus ne sont efficaces que pour les élèves novices.

Figure 2. Étudier un problème résolu réduit la charge cognitive intrinsèque et améliore l'apprentissage.



Problème résolu, à étudier

Dans la figure ci-dessus trouvez la valeur de l'angle DBE

Solution : Angle ABC = $180^\circ - \text{Angle BAC} - \text{Angle BCA}$

(La somme des angles d'un triangle est égale à 180°)

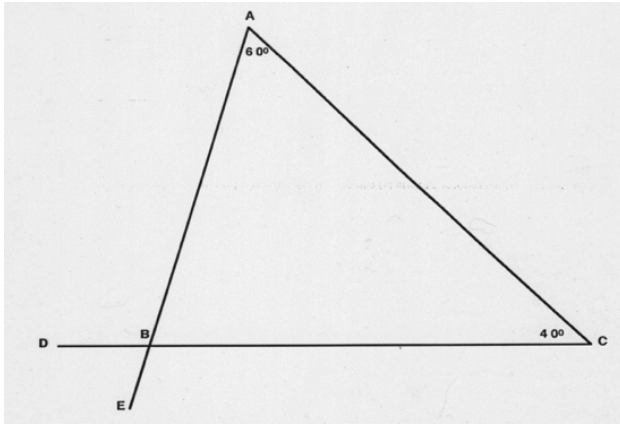
$$= 180^\circ - 60^\circ - 40^\circ = 80^\circ$$

Angle DBE = Angle ABC (deux angles opposés par le sommet sont égaux) = 80°

Problème à résoudre

Dans la figure ci-dessus, calculez la valeur de l'angle DBE.

Figure 3. Quand la solution du problème est intégrée dans la figure, cela réduit la charge extrinsèque.



Présentation séparée

Dans la figure ci-dessus, trouvez la valeur de l'angle DBE.

Solution : Angle ABC = $180^\circ - \text{Angle BAC} - \text{Angle BCA}$

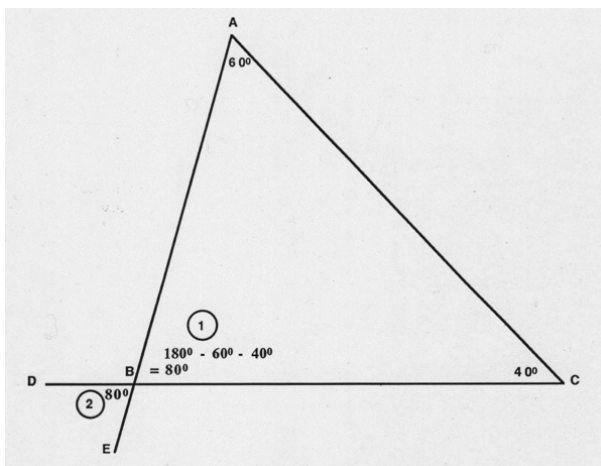
(La somme des angles d'un triangle est égale à 180°)

$$= 180^\circ - 60^\circ - 40^\circ = 80^\circ$$

Angle DBE = Angle ABC (deux angles opposés par le sommet sont égaux) = 80°

Présentation intégrée

Dans la figure ci-dessus, calculez la valeur de l'angle DBE.



L'effet du problème à compléter

Il est généralement plus efficace d'alterner les problèmes résolus et les problèmes à résoudre, que de ne présenter que des problèmes résolus (van Merriënboer & Krammer, 1987). Les problèmes à compléter (solution partielle donnée ; par exemple la première étape et non les suivantes) peuvent agir comme un substitut à cette alternance.

L'effet d'attention partagée

Il est généralement plus efficace de présenter la solution de façon intégrée au problème que de façon adjacente (Tarmizi & Sweller, 1988 ; voir fig. 3). Toutes les sources inutiles (e.g. images décoratives) nuisent à l'apprentissage. La méta-analyse de Ginns (2006) confirme l'efficacité de l'intégration des informations et montre un effet important ($d = 0,85$), confirmé ensuite par Schroeder et Cencki (2018) ($g = 0,63$).

L'effet de modalité

Lorsque la compréhension implique l'intégration de multiples sources d'information, il est généralement plus efficace de présenter les deux sources d'information dans des modalités différentes (auditive et visuelle), plutôt que de présenter le matériel d'une façon physiquement intégrée (visuelle seule ; Mousavi, Low, & Sweller, 1995). La méta-analyse de Ginns (2005) confirme la supériorité des présentations à deux modalités et montre un effet important ($d = 0,72$).

L'effet de redondance

L'intégration physique ou l'effet de modalité sont efficaces si et seulement si les différentes sources d'information sont complémentaires (Chandler & Sweller, 1991). L'information redondante au contraire détériore généralement l'apprentissage. Par exemple, le même énoncé verbal présenté sous une forme écrite et sous une forme orale est redondant. Cependant, la méta-analyse d'Adesope et Nesbitt (2012) montre qu'un effet positif de la redondance est obtenu chez les novices ($d = 0,29$).

L'effet de l'interactivité entre éléments

Les techniques précédentes sont efficaces si et seulement si la charge cognitive intrinsèque est élevée, i.e. s'il y a de nombreux éléments à mettre en relation pour comprendre la situation (Sweller, 1994). En revanche, avec une tâche simple (apprendre des définitions mathématiques puis répondre à une question), les élèves dans la condition problème à résoudre apprennent mieux que ceux à qui on présente le problème résolu.

L'effet de variété

Souvent, l'objectif d'apprentissage est de généraliser la connaissance, de l'appliquer à des problèmes divers. Il est plus efficace de faire varier les problèmes, avec parcimonie en début d'apprentissage, plutôt que de présenter des exemples très différents entre eux dès le début. Plus les problèmes varient, plus la charge cognitive augmente, ce qui permet d'apprendre davantage, à condition que la mémoire de travail dispose de ressources suffisantes pour faire face à cette augmentation. Au départ, l'effet de variété semblait contredire tous les effets de charge cognitive précédemment rapportés, car il combine une augmentation plutôt qu'une diminution de la charge cognitive avec des résultats d'apprentissage plus élevés. Mais Paas et van Merriënboer (1994) ont obtenu un effet d'interaction entre la présentation des problèmes (problèmes résolus, problèmes conventionnels) et la variabilité (faible, élevée) : quand on fait baisser la charge (avec les problèmes résolus), les élèves apprennent mieux avec des problèmes qui varient ; quand la charge est élevée (avec des problèmes conventionnels) les élèves apprennent mieux avec des problèmes qui ne varient pas. L'effet de variété a été répliqué depuis (Likourezos, Kalyuga, & Sweller, 2019).

L'effet de disparition progressive du guidage

Une séquence d'enseignement efficace peut consister en des problèmes initialement résolus, suivis par des problèmes à compléter, et enfin par des problèmes à résoudre, sans aucune aide. Pour les novices, les problèmes résolus améliorent l'apprentissage. Avec l'augmentation de l'expertise, ces mêmes activités peuvent devenir redondantes et imposer une charge cognitive inutile. Au-delà d'un certain point, les exemples travaillés sont contre-productifs et il convient de les remplacer par des problèmes à résoudre. La pédagogie par projet est généralement peu efficace avec des étudiants qui démarrent dans une filière (comparativement à une approche avec des cours magistraux et des travaux dirigés), alors qu'elle est efficace avec des étudiants avancés dans la même filière (Tuovinen & Sweller, 1999).

L'effet d'imagination

Imaginer qu'on réalise une procédure / comment on va la réaliser, peut parfois être aussi efficace que la mise en œuvre effective (Cooper, Tindall-Ford, Chandler, & Sweller, 2001). Cet effet bien connu en sport individuel et dans l'apprentissage de gestes a été répliqué pour des apprentissages avec une composante cognitive forte. Cependant, cette consigne d'imagination ne fonctionne qu'avec des apprenants avancés ; avec des novices, la consigne d'étude d'un problème résolu est toujours plus efficace. Pour imaginer la façon dont on va résoudre un problème, il faut déjà de solides connaissances.

L'effet d'autoexplication

Devoir s'expliquer à soi-même une procédure ou un concept est souvent plus efficace que simplement essayer de faire ou de comprendre. Cet effet a été préalablement obtenu par Chi, *et al.* (1989). Il a été importé au sein de la théorie de la charge cognitive par Renkl, *et al.* (1998). Les tâches d'étude de problèmes résolus peuvent être si peu engageantes que les élèves les traitent de façon superficielle, ce qui ne produit alors aucun effet positif sur l'apprentissage. La tâche d'étude d'un exemple peut être présentée avec une explication qui suscite des auto-explications élaborées, de la part des élèves.

L'effet de l'information transitoire

Le fait qu'une information soit « transitoire » (par exemple un document sonore, une vidéo, par opposition à une information « fixe » comme un texte ou une image) peut altérer l'apprentissage, notamment quand la connaissance à apprendre est séquentielle : l'oral continu (enregistré) est moins efficace que l'écrit ; les animations continues, sans pause, sont souvent moins efficaces que les images fixes (Leahy & Sweller, 2011). L'information transitoire impose à l'élève, qui ne peut pas réguler son activité, de réaliser la tâche / traiter le support en même temps qu'il apprend. Il ne s'agit donc nullement de remettre en cause l'efficacité des animations pour apprendre, mais de souligner l'exigence cognitive de l'information transitoire. Il serait donc efficace d'introduire des pauses pendant la présentation d'une vidéo ou d'un fichier son. La méta-analyse de Rey, *et al.* (2019) confirme un effet modéré de l'introduction de pauses sur la rétention ($d = 0,42$) et le transfert ($d = 0,37$) si et seulement si les pauses sont commandées par le système. La méta-analyse de Berney et Bétrancourt (2016) montre la même chose : les animations sont plus efficaces que les images statiques lorsque le rythme (les pauses) de l'animation est imposé et non lorsqu'il est contrôlé par l'apprenant ; sinon, l'effet positif des animations est faible ($g = 0,23$). La méta-analyse de Höffler et Leutner (2007) montre une supériorité des images animées, mais avec une taille d'effet modérée ($d = 0,37$). Les analyses indiquent des tailles d'effet plus importantes lorsque l'animation est pertinente plutôt que décorative ($d = 0,40$). Ces auteurs montrent aussi que le contrôle du défilement a un impact négatif sur l'apprentissage. L'effet positif de la vidéo est obtenu lorsque le défilement de l'animation est piloté par le système ($g = 0,31$) mais pas quand l'animation est contrôlée par l'élève.

L'effet de mémoire de travail collective

Quand une tâche est complexe, le travail en groupe est plus efficace que le travail individuel. Quand la tâche est simple, le travail individuel est plus efficace (Kirschner, Paas, & Kirschner, 2009). Dit autrement, apprendre en groupe est efficace si et seulement si le même apprentissage est trop exigeant quand il est réalisé seul. Dans les autres cas, le travail en groupe impose une charge cognitive inutile. Kirschner, Sweller, Kirschner, et Zambrano (2018) ont publié

une revue de la littérature sur les apprentissages collaboratifs qui recense les facteurs pouvant avoir un effet sur la charge cognitive et, conséquemment, sur la qualité de l'apprentissage réalisé (tableau 1).

Tableau 1. Les facteurs ayant un effet de charge cognitive sur l'apprentissage en groupe, d'après Kirschner, et al. (2019).

Principe	Description
Complexité de la tâche	Une collaboration efficace se produit lorsque la tâche est suffisamment complexe pour justifier le surcroît de travail
Guidage et soutien	Lorsque les élèves font face à une nouvelle situation ou à un nouvel environnement de collaboration, il faut guider la réalisation de la tâche
Expertise du domaine	Plus l'expertise des membres du groupe dans le domaine de contenu est élevée, plus la collaboration est aisée
Compétences en matière de collaboration	Plus l'expertise des membres du groupe pour collaborer est élevée, plus la collaboration est aisée
Taille du groupe	Plus le groupe est grand plus la collaboration est difficile
Rôles au sein du groupe	Si chacun sait précisément ce qu'il a à faire, alors la collaboration est aisée
Composition du groupe	Plus la répartition des connaissances entre les membres du groupe est hétérogène, plus la collaboration est difficile
Expérience antérieure de la tâche	Plus les élèves ont de l'expérience de la tâche, plus ils coordonnent leurs actions sur les tâches et plus la collaboration est aisée
Expérience antérieure du groupe	Plus les élèves ont de l'expérience à travailler ensemble plus la collaboration est aisée

L'effet du mouvement humain

Il est souvent plus efficace d'apprendre un mouvement ou un geste à partir d'une animation plutôt que d'une image statique (Paas & Sweller, 2012). Cet effet serait lié à notre capacité primaire d'apprentissage par imitation. Le fait que cette capacité soit primaire limiterait la charge cognitive. Cette idée a été confirmée par une méta-analyse de Höffler et Leutner (2007), qui a montré un meilleur apprentissage lorsque les animations étaient très réalistes ($d = 0,76$) et que la connaissance des procédures motrices était impliquée ($d = 1,06$).

L'effet d'épuisement des ressources en mémoire de travail

Chen, Castro-Alonso, Paas, et Sweller (2018) ont comparé les performances obtenues par les élèves du primaire dans des conditions d'apprentissage

massé et distribué. Les chercheurs ont aussi demandé aux participants d'effectuer un test d'empan complexe de mémoire de travail (impliquant le traitement et la mémorisation) à la fin des séances d'apprentissage. Les résultats ont confirmé l'effet classique attendu (apprentissage distribué > massé). Chen, *et al.* ont également observé que les élèves de la condition massée obtiennent des performances inférieures au test de mémoire de travail. Les auteurs interprètent ce résultat comme un effet d'épuisement des ressources de la mémoire de travail. L'année suivante, Leahy et Sweller (2019) ont reproduit les résultats dans une série d'expériences sur l'effet *testing*. Ils ont montré que les performances d'apprentissage obtenues dans un posttest différé (par rapport à un posttest immédiat) étaient associées à de meilleures performances au test de mémoire de travail. Ils ont interprété cette double performance comme liée à une récupération des ressources de la mémoire de travail. Ainsi, dans ces deux publications récentes, Sweller et ses collègues argumentent en faveur d'un effet d'épuisement des ressources de la mémoire de travail général ; pour toute tâche complexe, épuisant les ressources et consommant du temps, l'effet devrait être obtenu, car il implique une partie centrale de l'architecture cognitive humaine : la mémoire de travail. Si l'idée de l'épuisement des ressources cognitives est soutenue empiriquement, les auteurs cités ci-dessus n'expliquent pas ce qui est épuisé ni quels mécanismes régissent cet épuisement.

L'effet de renversement dû à l'expertise

Les effets précédents fonctionnent si et seulement si les élèves ont peu de connaissances dans le domaine. Quand les apprenants sont avancés dans le domaine, ces effets sont inefficaces, puis nocifs avec les experts. Ce dernier effet, découvert il y a plus de 20 ans (Kalyuga, Chandler, & Sweller, 1998), a donné lieu à une première synthèse et théorisation 5 ans plus tard (Kalyuga, Ayres, Chandler, & Sweller, 2003) puis à un numéro spécial (Kalyuga & Renkl, 2010). On peut appliquer l'effet de renversement dû à l'expertise à n'importe quel effet obtenu dans le cadre de la théorie de la charge cognitive. Cela permet de prédire, par exemple, que les élèves les plus avancés seront plus efficaces dans leur apprentissage avec un problème à résoudre, tandis que les élèves les moins avancés seront plus efficaces avec le même problème, mais présenté avec sa solution, pour une tâche d'étude du problème résolu (Kalyuga, Chandler, Tuovinen, & Sweller, 2001), etc. avec les autres effets. Ainsi, au sein d'une même classe, des élèves différents peuvent réaliser le même apprentissage, avec les mêmes problèmes, mais présentés différemment. On parvient de cette manière à faire porter la différenciation sur la tâche et le support, mais pas sur la connaissance à apprendre (tableau 2).

Tableau 2. Présentation résumée des principaux effets obtenus au sein de la théorie de la charge cognitive, selon l'effet de renversement dû à l'expertise.

Avec les élèves les plus en difficultés pour l'apprentissage visé	Avec les élèves les plus avancés pour le même apprentissage visé
Ne pas trop spécifier le but du problème, indiquer plutôt à l'élève qu'il doit atteindre tous les buts qu'il peut atteindre, faire tout ce qu'il sait faire	Spécifier le but du (même) problème
Donner aux élèves le problème résolu et lui demander d'étudier la solution Alternier les problèmes résolus et les problèmes à résoudre Donner le problème avec une solution partielle	Donner le (même) problème à résoudre
Intégrer physiquement les informations que l'élève devra mettre en relation mentalement pour rendre cette information intelligible Éliminer toutes les informations inutiles ou décoratives Présenter les sources d'information que l'élève devra mettre en relation dans des modalités différentes (auditive et visuelle)	Éviter la redondance : ne pas répéter inutilement ce qui peut être présenté une seule fois d'une seule manière
Si l'information à présenter est complexe (beaucoup d'éléments et de relations), alors la présenter progressivement, partie par partie	Présenter le tout d'emblée plutôt que par parties, pour que l'élève puisse apprendre les relations entre les sections
Varier les exemples, avec parcimonie en début d'apprentissage	Présenter l'information avec beaucoup de variabilité pour que l'élève puisse apprendre quelles variables sont pertinentes et lesquelles ne le sont pas
Faire disparaître le guidage progressivement	D'emblée, ne pas guider, laisser l'élève explorer librement
Demander à l'élève de mémoriser les relations les plus importantes	Demander à l'élève de s'auto-expliquer les relations les plus importantes
Ne pas présenter d'information transitoire continue (oral, vidéo) ; présenter plutôt des informations statiques, faire des pauses aux moments pertinents et guider l'attention sur les parties pertinentes Cette restriction concerne moins l'apprentissage de mouvements et de gestes	Présenter de l'information transitoire continue (oral, vidéo)

Avec les élèves les plus en difficultés pour l'apprentissage visé	Avec les élèves les plus avancés pour le même apprentissage visé
Proposer du travail en groupe (selon un scénario précis) quand l'apprentissage visé est éloigné des élèves ; sinon, le travail peut être réalisé seul	Si l'accès aux connaissances d'autrui est nécessaire, alors le travail en groupe est utile. Sinon, le travail individuel peut être mis en œuvre.
Mettre en exergue ce qui est important Expliciter les liens entre les parties d'un tout	Ne pas tout expliquer : engager les élèves dans des activités de production d'inférences, d'hypothèses, de conjectures

Discussion : les connaissances en ingénierie pédagogique

Les travaux conduits au sein de la théorie de la charge cognitive ont contribué à la prise de conscience des dangers d'une approche sans nuances des apprentissages par découverte ou par problèmes, une sorte de constructivisme pédagogique qui fournirait la matrice à toute situation d'enseignement (Kirschner, Sweller, & Clark, 2006 ; Tobias, & Duffy, 2009). La théorie de la charge cognitive a contribué à montrer que plus les élèves sont éloignés du but d'apprentissage, plus ils ont besoin de guidage. Réciproquement, quand les élèves sont proches du but d'apprentissage, le fait de moins les guider, de les conduire à produire des inférences ou des hypothèses, mais aussi à interagir avec des pairs, améliore les apprentissages (hors de la théorie de la charge cognitive, bien d'autres travaux ont aussi montré cela : Chi & Wylie, 2014 ; McNamara, *et al.*, 1996 ; Fiorella & Mayer, 2015). La théorie de la charge cognitive relève de l'ingénierie dans le sens où les connaissances fournies sont conditionnelles : leur mise en œuvre dépend de la situation à concevoir. J'ai donc longuement insisté dans cet article sur un aspect de la situation d'enseignement : le niveau de connaissances des élèves. Selon ce niveau, une situation d'enseignement avec un problème résolu sera plus efficace ou moins efficace qu'un problème à résoudre, une animation sera plus efficace ou moins efficace qu'une suite d'images statiques ou qu'une animation avec des pauses conçues par l'enseignant.e. L'efficacité de l'animation dépend aussi de la connaissance à apprendre, etc.

Les critiques de la théorie de la charge cognitive sont nombreuses. L'une d'elle consiste à affirmer que les effets obtenus ont déjà été montrés par Vygotsky ou, en tout cas, que la « zone proximale de développement » permet d'expliquer les effets obtenus. Il y a fort à parier que c'est à cause du caractère souvent assez vague de l'application de cette notion vygotkienne (Dessus & Charroud, 2017). La théorie de la charge cognitive ne produit

pas des recommandations générales mais des effets précis. Plus encore, contrairement à la théorie de Vygotsky, elle teste des hypothèses qui ont été soumises à la réfutation empirique. La théorie de la charge cognitive est donc une théorie scientifique au sens le plus classique : elle est fondée sur des principes qui permettent de générer des hypothèses réfutables, qui donnent lieu à des expérimentations, dont les résultats font évoluer la théorie.

La théorie de la charge cognitive n'est cependant pas une théorie de la cognition, dans le sens où elle ne cherche pas à modéliser la mémoire de travail ou l'architecture cognitive humaine, pas plus qu'elle n'essaie de comprendre l'évolution de cette architecture. La théorie de la charge cognitive emprunte aux sciences cognitives des concepts, pour aider à la conception. Quand ces concepts évoluent, la théorie de la charge cognitive intègre ou non ces évolutions, selon ses propres besoins. Par exemple, la première version de cette théorie (Sweller, 1988) était plus ou moins explicitement fondée sur le modèle d'Atkinson et Schiffrrin (1968), la seconde version était explicitement basée sur le modèle de Baddeley (1992), car ce modèle permettait d'expliquer l'effet de modalité et l'effet de redondance. Le modèle de Baddeley étant incapable de rendre compte de l'effet de renversement dû à l'expertise, la théorie de la charge cognitive a évolué, se référant au modèle d'Ericsson et Kintsch (1995). Mais ces modèles ne sont pas capables d'expliquer l'effet de l'information transitoire ni l'effet d'épuisement des ressources en mémoire de travail. Puma et Tricot (2019) ont montré qu'en se basant sur le modèle de la mémoire de travail dit de « partage temporel des ressources » (TBRS ; Barrouillet & Camos, 2014), la théorie de la charge cognitive serait mieux équipée pour expliquer ces résultats récents. Mieux, elle disposerait d'une conception plus juste de la charge extrinsèque, qui ne dépend pas de la quantité d'informations non pertinentes présentes dans la situation (impossible à estimer, puisque chaque individu peut traiter ou pas telle ou telle information non pertinente), mais du ratio temporel dévolu au traitement de ces informations non pertinentes, relativement au temps total consacré à la tâche (Puma, Matton, Paubel, & Tricot, 2019).

L'objet de la théorie de la charge cognitive est donc bien de fournir des connaissances utiles à la conception de situations d'enseignement. Elle relève des sciences de l'ingénieur et non des sciences fondamentales. Sa validité externe réside dans sa capacité à améliorer des situations d'enseignement. Sa validité interne réside dans sa capacité à fonder théoriquement des hypothèses testées expérimentalement. L'amélioration de la validité externe constitue un enjeu majeur, dans le sens où l'on n'a pas la preuve, par exemple, que des enseignants que l'on formerait à l'utilisation de la théorie concevraient des situations d'enseignement plus efficaces ou même s'ils accepteraient d'utiliser quotidiennement ces connaissances. Pour le dire en d'autres termes, si l'efficacité de cette ingénierie est attestée empiriquement, son utilisabilité et son acceptabilité ne le sont pas encore. Il n'est pas certain cependant que ce soit aux chercheurs qui génèrent des connaissances en

ingénierie de s'occuper de l'évaluation de l'utilisabilité et de l'acceptabilité de ces connaissances.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adesope, O.O., & Nesbit, J.C. (2012). Verbal redundancy in multimedia learning environments : A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 104, 250–263.
- Atkinson, R.C., & Shiffrin, R.M. (1968). Human memory : A proposed system and its control processes. In K.W. Spence & J.T. Spence (Éds.), *The psychology of learning and motivation* (vol. 2, pp. 89–195). New York : Academic Press.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556–559.
- Barrouillet, P., & Camos, V. (2014). *Working memory : Loss and reconstruction*. Londres : Psychology Press.
- Berney, S., & Bétrancourt, M. (2016). Does animation enhance learning ? A meta-analysis. *Computers & Education*, 101, 150–167.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition & Instruction*, 8, 293–332.
- 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.
- Chi, M.T., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework : Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49, 219–243.
- Chi, M.T., Bassok, M., Lewis, M.W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations : How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145–182.
- Cooper, G., Tindall-Ford, S., Chandler, P., & Sweller, J. (2001). Learning by imagining. *Journal of Experimental Psychology : Applied*, 7, 68–82.
- Crissman, J.K. (2006). *The design and utilization of effective worked examples : A meta-analysis*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, The University of Nebraska-Lincoln.
- Dessus, P. (2006). Quelles idées sur l'enseignement nous révèlent les modèles d'Instructional Design ? *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 28(1), 137–157.
- Dessus, P., & Charroud, C. (2017). Quelques mythes dans la recherche en éducation. Inspé, Université Grenoble Alpes. Repéré à http://espe-rtd-reflex-pro.u-ga.fr/docs/sciedu-general/fr/latest/mythes_education.html
- Donovan, J.J., & Radosevich, D.J. (1999). A meta-analytic review of the distribution of practice effect : Now you see it, now you don't. *Journal of Applied Psychology*, 84(5), 795.
- Ericsson, K.A., & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 102, 211–245.

- Fiorella, L., & Mayer, R.E. (2015). *Learning as a generative activity : Eight learning strategies that promote understanding*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Gagne, R.M., & Briggs, L.J. (1974). *Principles of instructional design*. Oxford : Holt, Rinehart & Winston.
- Geary, D.C. (2008). An evolutionarily informed education science. *Educational Psychologist*, 43, 179–195.
- Binns, P. (2005). Meta-analysis of the modality effect. *Learning & Instruction*, 15, 313–331.
- Binns, P. (2006). Integrating information : A meta-analysis of the spatial contiguity and temporal contiguity effects. *Learning & Instruction*, 16, 511–525.
- Höfler, N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures : A meta-analysis. *Learning & Instruction*, 17, 722–738.
- Kalyuga, S., & Renkl, A. (Éds.) (2010). Special issue : Expertise reversal effect. *Instructional Science*, 38(3).
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38, 23–31.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1998). Levels of expertise and instructional design. *Human Factors*, 40, 1–17.
- Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J., & Sweller, J. (2001). When problem solving is superior to studying worked examples. *Journal of Educational Psychology*, 93, 579–588.
- Kirschner, F., Paas, F., & Kirschner, P.A. (2009). A cognitive load approach to collaborative learning : United brains for complex tasks. *Educational Psychology Review*, 21, 31–42.
- Kirschner, P.A., Sweller, J., & Clark, R. (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, 75–86.
- Kirschner, P.A., Sweller, J., Kirschner, F., & Zambrano, J. (2018). From cognitive load theory to collaborative cognitive load theory. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 13, 213–233.
- Kyun, S., Kalyuga, S., & Sweller, J. (2013). The effect of worked examples when learning to write essays in English literature. *The Journal of Experimental Education*, 81, 385–408.
- Leahy, W., & Sweller, J. (2011). Cognitive load theory, modality of presentation and the transient information effect. *Applied Cognitive Psychology*, 25, 943–951.
- Leahy, W., & Sweller, J. (2019). Cognitive load theory, resource depletion and the delayed testing effect. *Educational Psychology Review*, 1–22.
- Likourezos, V., Kalyuga, S., & Sweller, J. (2019). The variability effect : When instructional variability is advantageous. *Educational Psychology Review*, 31, 479–497.

- McDaniel, M.A., Roediger, H.L., & McDermott, K.B. (2007). Generalizing test-enhanced learning from the laboratory to the classroom. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(2), 200–206.
- McNamara, D.S., Kintsch, E., Songer, N.B., & Kintsch, W. (1996). Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. *Cognition & Instruction*, 14, 1–43.
- Merrill, M.D., & Twitchell, D. (1994). *Instructional design theory*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Mousavi, S.Y., Low, R., & Sweller, J. (1995). Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *Journal of Educational Psychology*, 87, 319.
- Musial, M., & Tricot, A. (2020). *Précis d'ingénierie pédagogique*. Bruxelles : De Boeck.
- Owen, E., & Sweller, J. (1985). What do students learn while solving mathematics problems? *Journal of Educational Psychology*, 77, 272–284.
- Paas, F., & Sweller, J. (2012). An evolutionary upgrade of cognitive load theory: Using the human motor system and collaboration to support the learning of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review*, 24, 27–45.
- Paas, F., & van Merriënboer, J.J.G. (1994a). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86, 122–133.
- Piaget, J. (1967). *Biologie et connaissance : essai sur les relations entre les régulations organiques et les processus cognitifs*. Paris : Gallimard.
- Puma, S., & Tricot, A. (2019). Cognitive load theory and working memory models: Comings and goings. In S. Tindall-Ford, S. Agostinho & J. Sweller (Éds.), *Advances in Cognitive Load Theory*. (pp. 41–52). Londres : Routledge.
- Puma, S., & Tricot, A. (2021). Prendre en compte la mémoire de travail lors de la conception de situations d'apprentissage scolaire. *Analyse Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 171, 217–225.
- Puma, S., Matton, N., Paubel, P.V., & Tricot, A. (2018). Cognitive load theory and time considerations: Using the time-based resource sharing model. *Educational Psychology Review*, 30, 1199–1214.
- Renkl, A. (2013). Toward an instructionally oriented theory of example-based learning. *Cognitive Science*, 38, 1–37.
- Renkl, A., Stark, R., Gruber, H., & Mandl, H. (1998). Learning from worked-out examples: The effects of example variability and elicited self-explanations. *Contemporary Educational Psychology*, 32, 90–108.
- Rey, G.D., Beege, M., Nebel, S., Wirzberger, M., Schmitt, T.H., & Schneider, S. (2019). A Meta-analysis of the Segmenting Effect. *Educational Psychology Review*, 31, 389–419.
- Roussel, S., Joulia, D., Tricot, A., & Sweller, J. (2017). Learning subject content through a foreign language should not ignore human cognitive architecture: A cognitive load theory approach. *Learning & Instruction*, 52, 69–79.

- Rowland, C.A. (2014). The effect of testing versus restudy on retention : A meta-analytic review of the testing effect. *Psychological Bulletin*, 140(6), 1432.
- Schlegel, M.J. (1995). A handbook of instructional and training program design. Repéré à <https://eric.ed.gov/?id=ED383281>
- Schroeder, N.L., & Cenkci, A.T. (2018). Spatial contiguity and spatial split-attention effects in multimedia learning environments : A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 30, 679–701.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving : Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 275–285.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning & Instruction*, 4, 295–312.
- Sweller, J. (2016). Cognitive load theory, evolutionary educational psychology, and instructional design. In D. Geary & D. Berch (Éds.), *Evolutionary perspectives on child development and education* (pp. 291–306). Cham, Suisse : Springer.
- Sweller, J., & Cooper, G.A. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition & Instruction*, 2, 59–89.
- Sweller, J., & Levine, M. (1982). Effects of goal specificity on means–ends analysis and learning. *Journal of Experimental Psychology : Learning, memory, and cognition*, 8, 463.
- Sweller, J., van Merriënboer, J.J., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design : 20 years later. *Educational Psychology Review*, 1–32.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J.J., & Paas, F.G. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251–296.
- Tarmizi, R.A., & Sweller, J. (1988). Guidance during mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 80, 424.
- Tobias, S., & Duffy, T.M. (Éds.) (2009). *Constructivist instruction : Success or failure ?* Londres : Routledge.
- Tomasello, M. (2015). *Pourquoi nous coopérons*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Tricot, A. (2017). La connaissance et la solution. *Éducation et Didactique*, 11, 57–61.
- Tricot, A., & Sweller, J. (2014). Domain-specific knowledge and why teaching generic skills does not work. *Educational Psychology Review*, 26, 265–283.
- Tuovinen, J.E., & Sweller, J. (1999). A comparison of cognitive load associated with discovery learning and worked examples. *Journal of Educational Psychology*, 91, 334.
- Van Merriënboer, J.J., & Krammer, H.P. (1987). Instructional strategies and tactics for the design of introductory computer programming courses in high school. *Instructional Science*, 16, 251–285.

Notice biographique

André Tricot est professeur de psychologie cognitive à l'Université Paul Valéry Montpellier 3 et chercheur au sein du laboratoire Epsilon. Il s'intéresse aux relations entre les mémoires naturelles et artificielles. Il essaie de comprendre comment la conception d'une mémoire artificielle (un document) peut aider la mémoire naturelle au lieu de la surcharger. Les applications relèvent de l'ingénierie pédagogique, des interactions humain-machine, de l'ergonomie et de la sécurité des transports. Il a été responsable du groupe qui a élaboré les programmes scolaires actuellement en vigueur, pour les trois premières années de l'école primaire en France.

COURRIEL : ANDRE.TRICOT@UNIV-MONTP3.FR

Des sciences interventionnelles ancrées sur des alliances entre recherche et terrain ? Le cas des ingénieries coopératives

Gérard Sensevy

Université de Bretagne occidentale

RÉSUMÉ – Cet article présente théoriquement et empiriquement la notion d'ingénierie coopérative. Après une première description de cette notion, il précise ses filiations, le fonctionnement de ces ingénieries, et leurs principes organisateurs. Ces éléments sont ensuite concrétisés sur un exemple à vocation emblématique, celui de l'ingénierie coopérative ACE (Arithmétique et Compréhension à l'École élémentaire). En appui sur cette concrétisation, l'article montre d'abord comment les recherches accomplies dans le cadre des ingénieries coopératives peuvent être considérées en tant que sciences interventionnelles, à la fois comme fondamentales au sein des sciences de la culture, et comme des sciences ingénieriques. Il se conclut en insistant sur la double nécessité, pour de telles sciences, i) d'une élaboration conceptuelle qui fasse reconnaître des preuves *culturelles d'efficacité*, et ii) d'une mise en combinaison des preuves culturelles et des preuves statistiques.

MOTS CLÉS – ingénierie coopérative, sciences de la culture, sciences ingénieriques, preuves culturelles

Introduction

Dans cette contribution, nous nous centrons sur la notion d'*ingénierie coopérative* pour travailler la question du titre.

Dans une première partie, nous décrirons en substance ce que nous nommons *ingénierie coopérative*, un dispositif qui réunit professeurs et chercheurs pour la conception et la mise en œuvre de séquences d'enseignement sur le terrain. Après avoir précisé les filiations de ces dispositifs, et les grandes lignes de leur fonctionnement, nous donnerons rapidement les principes qui les organisent.

Dans une deuxième partie, nous présenterons l'exemple de l'ingénierie coopérative ACE (arithmétique et compréhension à l'école élémentaire), qui nous permettra de concrétiser les éléments abordés dans la partie précédente.

Dans une troisième partie, en appui sur les deux premières, nous montrerons en quoi de telles recherches peuvent être considérées, selon nous, en tant que sciences interventionnelles, à la fois comme fondamentales au sein des sciences de la culture, et comme des sciences ingénieriques. Nous aborderons en terminant la question de la preuve et de son épistémologie, en exprimant la nécessité d'élaboration de *preuves culturelles* à côté de, et en synergie avec, les preuves statistiques classiques.

Les ingénieries coopératives : filiations, fonctionnement, et principes

Qu'est-ce qu'une ingénierie coopérative ?

Une ingénierie coopérative est une entreprise collective dont le but fondamental est la production conjointe, par des « professionnels » et des « chercheurs sur la profession », de dispositifs. Par dispositif, nous entendons, selon la définition d'un dictionnaire, « un agencement d'éléments qui concourent à une action ou à un but ». Le collectif de l'ingénierie coopérative s'emploie ainsi à agencer un instrument, une logistique, une manière d'agir, par exemple une séquence d'enseignement, comme c'est le cas, nous allons le voir, pour la recherche ACE.

L'ingénierie coopérative (Sensevy & Bloor, 2020 ; Sensevy, Forest, Quilio, & Morales, 2013) s'inscrit dans une filiation multiple : très généralement, on peut la considérer en tant que *design-based research* (Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer, & Schauble, 2003). Elle repose par ailleurs, ainsi que le note Artigue (2018), sur « la conception et l'expérimentation contrôlées de séquences d'enseignement [tout en] adoptant un mode de validation interne basé

sur la comparaison entre les analyses a priori et a posteriori de celles-ci »¹. L'origine de cet aspect des ingénieries coopératives peut être ainsi trouvée dans les ingénieries didactiques élaborées par Brousseau et ses continuateurs (Artigue, 2015, 2018 ; Barquero & Bosch, 2015 ; Brousseau, 1998). Elle présente par ailleurs des points communs avec le mouvement de l'*action research* (cf. Morales, Sensevy, & Forest, 2017).

Au sein d'une ingénierie coopérative, l'action s'établit selon les cinq temps suivants, qui réunissent chercheurs et professionnels².

Le premier temps est constitué par un travail commun sur le savoir. Par « savoir », nous entendons un complexe praxéologique, c'est-à-dire constitué par une pratique (*praxis*) et un discours (*logos*), un jargon. Pratique et jargon sont entrelacés. Même s'ils peuvent être dissociés, ils prennent leur sens relativement l'un par rapport à l'autre, en synergie.

Il s'agit donc d'étudier le savoir *en soi*, qui figure au cœur de la séquence envisagée. Ce *travail sur le savoir en soi*, donc d'abord détaché de ses implications didactiques, est vital. Il permet d'appréhender la culture que ce savoir cristallise, et les puissances d'agir qu'il autorise. Ceci constitue le moment fondateur du dialogue entre les participants, le *dialogue d'ingénierie*. Ce dialogue sur et dans le savoir constitue le cœur du processus de coopération entre professionnels et chercheurs.

Dans un second temps, le collectif produit un dispositif d'enseignement auquel le savoir étudié, et, d'une certaine manière, reconstruit, va donner sa forme. La séquence élaborée peut être considérée comme un système d'hypothèses de travail, partagées et assumées par les professeurs et les chercheurs du collectif.

Dans un troisième temps, le dispositif d'enseignement (la séquence élaborée) est mis en œuvre, souvent par plusieurs professeurs en parallèle, *pour mettre au travail ces hypothèses de travail*.

Le quatrième temps est celui d'une étude de la mise en œuvre effective. Il s'agit alors d'examiner la réalité concrète du dispositif dans son accomplissement, ses forces, ses faiblesses, ses insuffisances, au regard des hypothèses de travail mises en œuvre, de la culture et des puissances du savoir que cette mise en œuvre doit concrétiser.

Au cinquième temps du processus correspond donc une deuxième mise en œuvre, qui reçoit la même attention que la première.

1. « the controlled design and experimentation of teaching sequences [while] adopting an internal mode of validation based on the comparison between the a priori and a posteriori analyses of these ».

2. Dans l'ingénierie coopérative ACE, évoquée dans cet article, les *professionnels* concernés sont des professeurs (d'école). Plus généralement, des ingénieries coopératives ont été mises en œuvre dans le monde scolaire, au primaire (Gerin, 2020 ; Gruson, 2019 ; Joffredo-Le Brun, Morellato, Sensevy, & Quilio, 2018 ; Lefeuvre, 2018 ; Morales, *et al.*, 2013) et au secondaire (Jodry, 2018), à l'université (Bloor, 2020) et dans le travail social (Perraud, 2021).

L'ensemble du processus est réitéré autant de fois que possible ou nécessaire, pour obtenir une séquence stabilisée, sous la forme complexe, le plus souvent, d'une textualisation. Celle-ci, comme c'est le cas dans ACE, peut renvoyer, nous le verrons, à des *systèmes hypermédias*, regroupant et mettant en relation le texte descriptif de la séquence, des photographies et films de moments cruciaux de sa mise en œuvre effective, des productions d'élèves, des commentaires divers, notamment de certains de ces moments cruciaux, par des membres du collectif de l'ingénierie ou des personnes extérieures.

Des principes généraux pour les ingénieries coopératives

Nous ne ferons que mentionner les principes généraux qui organisent l'action au sein d'une ingénierie coopérative (Sensevy, 2019 ; Sensevy & Bloor, 2020).

1. Professeurs et chercheurs *déterminent en commun les fins et les moyens* du dispositif élaboré, et assument ensemble la responsabilité de l'enseignement accompli dans ce dispositif.
2. L'ingénierie coopérative est fondée sur *la recherche de symétrie* entre professeurs et chercheurs, sur l'égalité de leurs intelligences, de leurs compréhensions, spécifiques à chacun, des situations étudiées.
3. Cette recherche de symétrie s'accompagne de la nécessaire reconnaissance des *différences* entre professeurs et chercheurs. Ces différences constituent le moteur de l'invention collective.
4. Professeurs et chercheurs, lorsqu'ils travaillent ensemble une hypothèse de travail au sein de la séquence d'enseignement, partagent la même posture, celle d'*ingénieur*.
5. Les professeurs et les chercheurs coopèrent pour produire une *œuvre commune*, c'est-à-dire, dans le cas d'ACE, une séquence d'enseignement.
6. L'une des finalités essentielles de la coopération professeur-chercheur consiste à *produire des connaissances* d'un certain type, qu'on pourrait décrire ainsi : « lorsqu'on met en œuvre telle pratique, précisément décrite, alors on a une bonne probabilité d'obtenir tels effets, précisément décrits ».

Nous allons maintenant décrire en substance l'ingénierie coopérative ACE, et certains des dispositifs qui la caractérisent.

Un exemple d'une ingénierie coopérative, la recherche ACE

Description générale

La recherche ACE est fondée sur une coopération entre des chercheurs en psychologie du développement et des chercheurs en didactique, sur quatre académies françaises (Aix-Marseille-Nice, Bretagne, Nord/Pas-de-Calais, Versailles). Le projet originel consistait à proposer aux professeurs des séquences d'enseignement nourries par des savoirs de la recherche.

Cette coopération s'est concrétisée d'abord par une répartition du travail en quatre domaines : Estimation, Résolution de problèmes, Calcul mental, Situations. Chacun de ces domaines a été pris en charge essentiellement par une équipe, l'ensemble des domaines couvrant le programme de mathématiques d'une année. L'équipe de recherche, qui intégrait des professeurs, a ainsi produit une *progression initiale*, c'est-à-dire un ensemble de séquences qui couvre intégralement l'enseignement des nombres sur une année, au cours préparatoire (CP, première primaire), puis au CE1 (deuxième primaire). Cette progression initiale, proposée aux professeurs du groupe expérimental en tant que *version d'essai*, en 2012, est ensuite devenue l'objet d'un *processus de coconception* et d'un travail coopératif entre les professeurs et les chercheurs, travail encore en cours aujourd'hui.

Sur le plan de la méthode, la recherche ACE présente certaines caractéristiques bien spécifiques, sur lesquelles nous reviendrons plus bas. Parmi celles-ci, le fait qu'elle peut être considérée, sous un certain point de vue, comme une *expérimentation contrôlée*. En particulier, l'impact de la progression a été évalué positivement plusieurs années consécutives selon une structure prétest / posttest, impliquant groupe expérimental et groupe contrôle (Fischer, Sander, Sensevy, Vilette, & Richard, 2019 ; Vilette, *et al.*, 2017).

Précisons enfin – c'est un aspect important – que les professeurs du groupe expérimental ont été inclus dans le travail coopératif de la manière suivante, sur plusieurs années :

- avant la mise en œuvre de la progression, une semaine de stage de familiarisation à la progression ;
- pendant la mise en œuvre, une réunion d'une demi-journée sur chacune des quatre premières périodes de l'année scolaire pour discuter collectivement cette mise en œuvre et proposer des changements dans la progression ;

- à la fin de l'année (uniquement dans certaines académies), un stage bilan-perspective d'une semaine, dont le projet a constitué chaque année à coélaborer une nouvelle version de la progression sur la base du travail de l'année scolaire passée.

À ces rencontres en présence, il faut ajouter l'existence d'un forum, sur le site internet national de la recherche³. À ce forum se sont ajoutés des listes de diffusion, en général départementales ou régionales, qui ont été et sont toujours largement utilisées par les professeurs du groupe expérimental et l'équipe de recherche.

Cette coopération s'est encore amplifiée avec la constitution d'un groupe de recherche Bretagne-Provence institué en Lieu d'éducation associé à l'IFÉ (LÉA⁴). Un certain nombre de professeurs du groupe expérimental initial ont intégré ledit groupe de recherche, et ont ainsi pris une part décisive dans le processus de coopération⁵, dont nous décrivons ci-dessous un « exemple au long cours ». Dans ce qui suit, nous allons nous concentrer sur le domaine « Situations ». Mais avant cela, précisons un aspect essentiel de cette recherche.

La question de la forme scolaire : temps didactique classique et forme question-réponse-tâche

L'un des objectifs essentiels de la recherche ACE consiste à élaborer une alternative à la forme scolaire classique (Collectif didactique pour enseigner, 2019 ; Sensevy, 2019), pour proposer *des éléments contributifs à une reconstruction de la forme scolaire*. Qu'appelons-nous « forme scolaire classique » ?

En substance, on pourrait dire qu'il s'agit d'une forme d'enseignement fondée sur des textes qu'on peut trouver dans des manuels, ou dans le texte des programmes. Ces textes fabriquent le temps de l'enseignement, le *temps didactique*. D'abord on travaille tel contenu – un « objet du programme » – exprimé dans le texte. Puis on passe à un nouveau contenu (un nouvel objet du programme). Puis on passe au contenu suivant, etc. Selon nous, *la forme scolaire classique engendre un type spécifique de difficulté et d'échec scolaire*, liée au temps didactique classique – cette succession des objets de savoir sur l'axe du temps. Cette structure temporelle arrime les élèves à ce que nous avons appelé la forme *question-réponse-tâche*, qui cantonne l'activité épistémique de l'élève à répondre à des questions du professeur, et à

3. http://blog.espe-bretagne.fr/ace/?page_id=1457

4. Ici, le site de ce LéA : <http://ife.ens-lyon.fr/lea/le-reseau/anciens-lea/reseau-ace-ecoles-bretagne-provence>

5. En accomplissant ce travail coopératif, certains professeurs du LéA ont accompli des travaux universitaires centrés sur ACE. Plusieurs mémoires de master 2 ont été ainsi produits, et cinq thèses sont en préparation.

l'exécution de tâches. Le temps didactique classique et la forme question-réponse-tâche empêchent les élèves d'essayer, de chercher, et rend impossible la *posture d'enquête*, telle qu'on peut la trouver dans le monde scientifique, mais aussi, plus largement, dans l'action quotidienne (Dewey, 1993), en particulier dans celle des *connaisseurs pratiques* (Sensevy, Santini, Cariou, & Quilio, 2018), par exemple connaisseurs d'un métier.

ACE, le domaine « Situations », la situation du jeu des annonces

Avant de préciser la conception des mathématiques sur laquelle repose la progression ACE dans le domaine « Situations », nous donnons une courte description d'une situation qui lui est essentielle, le « jeu des annonces ».

Dans une perspective générale, au CP (première primaire) comme au CE1 (deuxième primaire), il s'agit de mettre en place des situations évolutives, sur la longue durée, qui doivent agir non seulement sur les *capacités* mathématiques des élèves mais encore sur *leur rapport* aux mathématiques. Ces deux notions (« capacités » et « rapport à ») sont en étroite consonance avec les deux finalités principales que nous fixons à l'étude du savoir dans les ingénieries coopératives. En effet, les *capacités* renvoient aux manières de faire adéquates à une situation, donc aux puissances d'agir efficaces que le savoir autorise et qui concrétisent ce savoir. La notion de « rapport à », elle, réfère, dans notre conceptualisation, à la culture dont l'élève se rend familier lorsqu'il étudie.

L'apprentissage est ainsi organisé autour de l'étude d'une même situation de base, qui va se répéter durant un grand nombre de séances, tout en évoluant, avec l'idée d'assurer ainsi la *continuité de l'expérience mathématique* des élèves et du professeur dans l'action conjointe (Joffredo-Le Brun, 2020 ; Joffredo-Le Brun, *et al.*, 2018) – nous reviendrons sur ce point.

Il s'agit du « jeu des annonces », qui fonde organiquement le travail des élèves sur des comparaisons d'additions. Dans cette situation, on demande aux élèves de produire une « annonce », c'est-à-dire de montrer des doigts levés sur chacune de leurs mains et d'énoncer le total. Le nombre ainsi obtenu (par exemple 5, si un élève a levé 2 doigts sur une main et 3 sur une autre) est alors comparé au nombre figuré sur un dé lancé après coup.

La comparaison s'effectue d'abord *oralement*, puis de manière *écrite*, notamment au sein de « parties de jeu fictives » proposées à l'étude des élèves. D'entrée de jeu, l'entrelacement des descriptions orales de l'action et de leur description écrite est ainsi assuré (principe f ci-dessous).

La complexification progressive de cette situation permet aux élèves d'explorer des structures additives, jusqu'à la soustraction, lorsque vari-

ent diverses variables de la situation, puis d'aborder les structures multiplicatives, lorsque le jeu consiste à comparer par exemple une annonce composée de x facteurs égaux à un tirage de y cartes (des cartes de 1 à 10 ayant remplacé les dés). Par exemple, l'écriture de l'annonce $6 + 6 + 6 + 6 + 6$ peut être représentée notamment par un rectangle, qu'on peut lui-même désigner par l'écriture 5×6 . Comme on le verra, l'étude de cette situation, comme l'ensemble de l'activité mathématique ACE, attribue une importance essentielle à la représentation écrite, graphique, des entités mathématiques qui sont travaillées.

Quelle conception des mathématiques dans la recherche ACE ?

Nous l'avons précisé dans la première partie de ce texte, on peut décrire la forme scolaire classique comme manifestée dans la forme question-réponse-tâche. Nous faisons l'hypothèse que celle-ci concrétise d'une part une forme de *soumission épistémique* de l'élève au professeur, et d'autre part une pression temporelle qui empêche à la fois l'*épaisseur culturelle* de l'activité et l'intégration effective des capacités en cours de construction.

Cette épaisseur culturelle, et les capacités dont elle permet le développement, reposent sur les principes suivants, dont nous décrirons simplement l'intitulé, et qu'on pourra appréhender dans les exemples ci-dessous. Ces principes expriment ce que nous avons décrit ci-dessus comme *le travail du savoir* au sein de l'ingénierie coopérative.

- a) Dans l'expérience mathématique, une conception en acte des mathématiques comme modélisation.
- b) Un travail systématique de preuve et de justification (conjecture-preuve-réfutation).
- c) La construction d'un rapport concret-abstrait spécifique.
- d) Le travail systématique sur les écritures symboliques.
- e) Le travail sur des systèmes de représentation mis en correspondance : la traduction de représentations.
- f) L'importance cruciale de l'articulation du travail de l'écrit et de l'oral.
- g) La continuité de l'expérience mathématique des élèves : le sens vient d'une mise en relation entre ce qu'on a déjà fait/ce qu'on est en train de faire/ce qu'on fera plus tard.

La progression ACE, exemples de modules

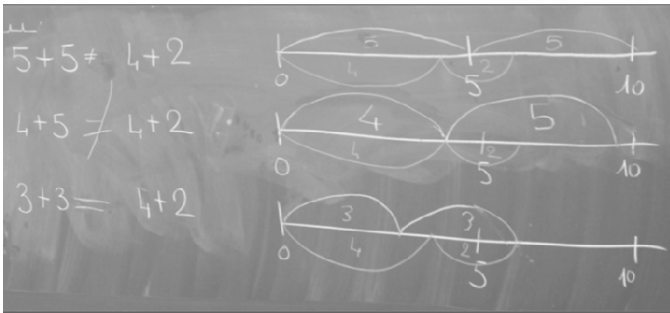
La progression ACE est constituée d'une dizaine de modules au CP, et de cinq modules au CE1.

Nous présentons ci-dessous un exemple appartenant à un module de chacun de ces niveaux.

Au CP, l'appui sur les systèmes de représentation

Dans le module 6, les élèves comparent, dans le jeu des annonces, un lancer de deux dés avec une annonce à deux mains (à gauche sur le tableau de la figure 1). Ensuite, ils représentent par un « schéma-ligne » à la fois l'annonce (le nombre de doigts) et le lancer (à droite, sur le tableau de la figure 1). Ils vont ainsi comparer les mesures d'une grandeur « sans dimension » (le cardinal du nombre de doigts), en les exprimant directement par des mesures de longueur sur le schéma-ligne, d'unité en général « arbitraire ».

Figure 1. Regard sur le module 6 CP : l'appui sur les systèmes de représentation.



La figure 1 représente l'état du tableau dans une classe ACE, dans lequel, à droite du tableau, le système de représentation fondé sur la demi-droite numérique (le schéma-ligne) rend possibles différentes stratégies. Le schéma-ligne peut d'abord permettre aux élèves de résoudre directement l'équation (l'inéquation) sur le schéma. Ainsi, par exemple, dans le schéma du haut, les élèves « voient » directement sur le schéma que $5 + 5$ est différent de et plus grand que $4 + 2$.

Le schéma-ligne peut aussi leur permettre de « prouver », de « garantir », une égalité ou une inégalité affirmée dans le calcul, comme on le voit dans la figure 1, dans le lien opéré entre la partie gauche du tableau (les écritures symboliques) et la partie droite du tableau (les représentations correspondantes sur les schémas-lignes). De fait, c'est bien dans le *soutien* que s'appor- tent réciproquement écriture symbolique et schéma-ligne que se construit progressivement une certaine certitude rationnelle. Enfin, le schéma-ligne

peut fournir la base d'un « jeu de représentation », où, même certain d'un résultat, on va trouver une manière de représenter le calcul sur le schéma-ligne, et ainsi comprendre différemment le sens de ce résultat.

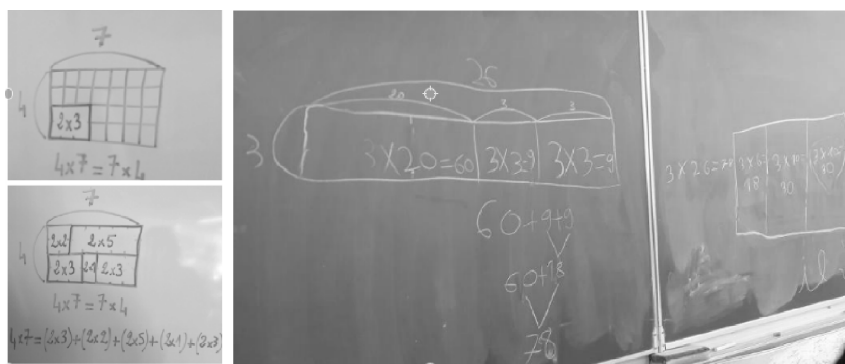
Au CE1, « les nombres-rectangles »

Dans ACE, le choix a donc été fait de présenter les multiplications, et plus généralement les structures multiplicatives, dans la conception « rectangles », plutôt que dans la conception « addition répétée ». Cette conception « rectangles » doit être considérée comme la « base » du travail multiplicatif.

La concrétisation rectangulaire de la multiplication possède en effet de nombreux avantages, en particulier liés au fait qu'elle peut donner particulièrement bien à voir la commutativité, l'associativité, et la distributivité de la multiplication par rapport à l'addition. Elle permet également de comprendre et d'utiliser le fait qu'il suffit d'énoncer une multiplication pour désigner un rectangle, et que tout rectangle peut être désigné par une multiplication. Représenter une multiplication par un rectangle permet aux élèves et au professeur, grâce aux relations établies entre écriture symbolique et représentation, d'explorer les propriétés de la multiplication, et de continuer l'étude des nombres.

Nous pouvons voir sur la figure ci-dessous un exemple d'un tel travail.

Figure 2. Regard sur le module 3 CE1 : les nombres-rectangles.



Le tableau de gauche, en haut, montre une étude possible du produit 7×4 . Une fois le nombre-rectangle correspondant dessiné, on peut « isoler » au sein du « grand rectangle » représentant 7×4 un « petit » rectangle, et écrire le produit qu'il représente « dans » le petit rectangle même, ainsi désigné sous la forme d'une multiplication, ici 2×3 .

Le tableau de gauche, en bas, montre une continuation possible de cette étude du produit 7×4 . Il s'agit maintenant de « paver » le grand rectangle 7×4 par un ensemble de « petits rectangles », ici tous de largeur 2, également

désignés chacun sous la forme d'une multiplication. Au bas de ce tableau, on peut identifier l'écriture symbolique « distributive » qui modélise la décomposition du grand rectangle en une somme de petits.

Le tableau central montre un travail sur le produit 3×26 , 26 étant distribué en $20 + 3 + 3$. Comme dans l'exemple précédent, chacun des rectangles dans lesquels se trouve « décomposé » le grand rectangle est désigné, sur sa surface, par le produit dont il est la concrétisation. Sous le rectangle correspondant à 26×3 , l'écriture symbolique, au moyen d'une composition ($9 + 9 = 18$, dans $60 + 9 + 9$) permet de calculer le produit. On peut saisir dans ce qui précède une forme d'économie, dont le travail est prévu dans la progression, entre la décomposition du 4×7 en de multiples petits rectangles, et la décomposition du 3×26 , plus « efficace ».

Le tableau de droite montre une autre « distribution » de 26, décomposé en $10 + 10 + 3$, avec le même dispositif de désignation des produits au sein des rectangles qui les concrétisent.

Le Journal du Nombre

La recherche ACE comporte un dispositif particulier, *Le Journal du Nombre*. Sa fonction, au sein de l'ingénierie coopérative, voudrait être celle d'un rôle structurant dans la construction, pour l'élève et pour le professeur, d'un « rapport d'enquête » aux mathématiques. Le Journal du Nombre s'inscrit donc directement dans la perspective de reconstruction de la forme scolaire que nous avons évoquée ci-dessus : il détermine un autre temps que le temps didactique classique, en produisant un temps directement issu de l'enquête mathématique des élèves. Il émancipe l'activité de la forme question-réponse-tâche. Nous le décrivons en substance, parce qu'il nous semble représenter une matrice de l'activité mathématique dans ACE, que nous retrouverons dans les dispositifs évoqués au paragraphe suivant (les Fils rouges).

Le fonctionnement du journal est décrit, pour le professeur ACE, dans un texte de sept pages, que nous invitons le lecteur à parcourir⁶. Nous en donnons ci-dessous le sommaire, qui permet de se faire une première idée du dispositif.

Le principe de fonctionnement du Journal est donc le suivant : dès qu'ils ont étudié une notion, les élèves sont invités à « écrire ce qu'ils savent », pour « faire avancer leur propre recherche et la recherche mathématique de la classe ».

6. Ce texte est en ligne sur le site de la recherche ACE : <http://blog.espe-bretagne.fr/ace/wp-content/uploads/Pre%cc%81sentation-du-Journal-du-Nombre.pdf>

Un module M@gistère sur le Journal du Nombre est par ailleurs disponible sur le site M@gistère de l'Éducation nationale.

Le petit texte suivant introduit le Journal du Nombre, et peut constituer sa raison d'être : « J'écris des mathématiques pour mieux comprendre les nombres et les signes mathématiques, pour mieux m'en servir, et pour que la classe comprenne mieux les nombres et les signes mathématiques, pour mieux s'en servir ».

Un aspect important du Journal, décrit dans les points 1.2 et 1.3 ci-dessus, consiste dans l'aspect suivant. L'écriture dans le Journal du Nombre consiste à écrire des choses qu'on sait, dont on est *raisonnablement certain*. Par exemple, l'élève de début de CP ACE peut écrire $3 = 2 + 1$, en référence à une partie du « jeu des annonces » qu'il vient de jouer. Dans le Journal, l'élève se montre ainsi à lui-même – et il montre aux autres – des choses qu'il sait faire. Il est donc en principe impossible d'être « en difficulté », lorsqu'on travaille dans le Journal du Nombre, même si l'on peut bien entendu y faire des erreurs. De cette manière, le Journal prend en compte, sans modalités spécifiques, l'hétérogénéité des productions d'élèves : tous les élèves savent quelque chose, et ce que sait chacun va potentiellement profiter à tous dans la mise en commun.

Les élèves peuvent travailler de façon « libre » dans le Journal, mais le plus souvent, le professeur leur propose une *incitation*, dont la forme et l'objectif mathématiques peuvent varier. Cette incitation est toujours produite dans la finalité de construire des liens entre l'activité collective de la classe au sein de la progression et l'activité collective des élèves au sein du Journal, elle-même alimentée par l'activité particulière de tel ou tel élève dans son propre Journal. Ce dernier aspect renvoie au fait que le travail dans le Journal du Nombre repose toujours sur l'étude, par le professeur, des productions des élèves dans leur Journal.

L'incitation proposée est ainsi un vecteur de *solidarité épistémique*. Précisons ce que nous entendons par cette expression : la solidarité épistémique, c'est ce qui advient lorsque *tous les élèves travaillent le même problème*, chacun à sa manière. Cela ne signifie pas qu'ils soient tous également avancés dans l'appréhension de ce problème. Mais cela signifie, ce qui est de loin le plus important, que tous les élèves (et le professeur) peuvent se comprendre lorsqu'ils parlent de leur travail sur ce problème, et profiter de ces échanges. Cela est rendu possible parce que chacun dispose d'arrière-plans de connaissances très proches, et d'un vocabulaire approprié qui permet de travailler ensemble le problème. Ces arrière-plans et ce vocabulaire leur auront été donnés par la pratique commune de ces dispositifs didactiques exigeants et accessibles – comme le *Journal du Nombre*, et, comme nous le verrons ci-dessous, comme les *Fils rouges*, qui sont au fondement de la solidarité épistémique. La solidarité épistémique, toujours à construire et sans doute rarement atteinte, réunit tous les élèves, quelles que soient leurs différences. Elle leur permet une forme de coopération spécifique, la coopération dans le savoir – la *coopération épistémique*. Elle garantit aux élèves moins

1. La nature du Journal du Nombre

- 1.1 Écrire pour comprendre, pour soi-même et pour les autres
- 1.2 Écrire des mathématiques qu'on sait
- 1.3 Lorsqu'on écrit dans le Journal du Nombre, on réussit
- 1.4 Le Journal du Nombre n'est pas de la résolution de problème au sens habituel du terme
- 1.5 Le Journal du Nombre n'est pas un exercice

2. L'évaluation du Journal du Nombre

- 2.1 Le Journal du Nombre est systématiquement étudié par le professeur, mais il n'est pas évalué
- 2.2 Le Journal du Nombre ne sert pas d'abord comme un relevé des conceptions des élèves

3. Les fonctions du Journal du Nombre et le travail du professeur

- 3.1. La première fonction du Journal du Nombre : viser l'émancipation de l'activité productrice, en mathématique, de l'élève
- 3.2. La deuxième fonction du Journal du Nombre : la communication mathématique dans la classe
- 3.3. Le travail du professeur : le choix des productions, l'incitation

4. Le Journal du Nombre et l'activité mathématique de la classe**5. L'écrit dans le Journal du Nombre****6. La progression dans le Journal du Nombre****7. La périodicité du Journal du Nombre, la durée des séances****8. Le Journal du Nombre et la communication mathématique au-delà de la classe****9. Le Journal du Nombre et les élèves moins avancés**

avancés qu'ils pourront comprendre l'enseignement, enquêter de leur propre mouvement, et dialoguer avec le professeur et les élèves sur la base de leur travail. Elle garantit aux élèves plus avancés un retour sur leur travail au sein du collectif, et le développement de l'enquête que ce dialogue permet. Elle garantit à tous que ce qui leur importe – leurs intérêts – dans le savoir étudié pourra être reconnu.

Nous donnons ci-dessous deux exemples du Journal du Nombre.

Exemple 1, le « jeu du saute-aux-yeux » au CP

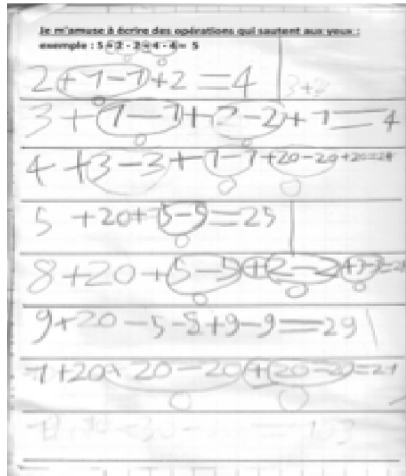
Le jeu du « saute-aux-yeux » (fig. 3) s'inscrit tout à fait dans la perspective de travail sur l'écriture symbolique propre à ACE. Ici, l'incitation est la

suivante : *Je m’amuse à écrire des opérations qui sautent aux yeux. Exemple : $5 + 2 - 2 + 4 - 4 = 5$.*

Dans cet exemple, les élèves doivent inventer différentes écritures pour manifester « le principe inverse ». Ce principe renvoie au fait numérique qu’on peut écrire par exemple ainsi : $a + b - b = a$.

Cette incitation spécifique ici le jeu « du saute-aux-yeux », que les élèves ont rencontré très tôt, par exemple lors de comparaison d’écritures additives du type $[a + b + c]$ comparée à $[a + b + d]$, pour lesquelles il suffit de comparer c et d sans calculer la somme. L’idée consiste à développer chez les élèves une compréhension systémique des équations et une vision du signe « = » comme manifestant l’équivalence.

Figure 3. Le Journal du Nombre, exemple 1 : le « jeu du saute-aux-yeux » au CP.



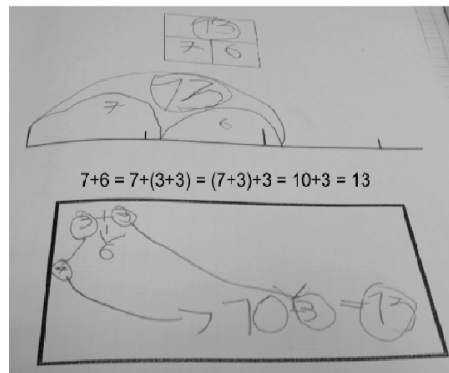
Comme toujours dans le Journal du Nombre, il s’agit de passer de ce qu’on pourrait appeler, en suivant les linguistes, une compréhension *passive* des mathématiques à une capacité *active* à les produire. On peut par exemple, à force de résoudre des exercices, *comprendre* que pour trouver le résultat $87 + 32 - 32$, je n’ai pas besoin de calculer, mais qu’il « suffit » de regarder l’ensemble – c’est-à-dire le système : il *saute aux yeux* que le résultat est 87. Notre hypothèse est que cette compréhension gagnera à se transformer en production *active* d’écriture du même genre, où l’élève se frottera à la *composition* de ce type d’écritures, ce processus de composition animant l’exploration et l’enquête. Comme on le voit dans la production ci-dessus, l’exploration de ce type d’écriture amènera à des écritures symboliques variées et complexes. Dans sa production, l’élève de CP passe ainsi de $[2 + 1 - 1 + 2 = 4]$, à $[1 + 20 + 20 - 20 + 20 - 20] = 21$. La deuxième écriture est autrement plus subtile, et

peut donner lieu elle-même à un « jeu d'imitation » dans le Journal, fructueux notamment dans l'appréhension de l'ordre de l'écriture qu'il autorise, la compréhension symbolique permettant de « négliger » fructueusement la taille des nombres (il n'est pas plus difficile de comprendre et d'écrire 20 – 20 que 1 – 1).

Exemple 2, le « jeu d'étude d'une opération »

Dans cet exemple (fig. 4), l'incitation a consisté à « étudier une opération », $7 + 6$.

Figure 4. Le Journal du Nombre, exemple 2 : le « jeu d'étude d'une opération ».



Nous avons écrit au milieu de la production d'élève une équation sous forme (plus ou moins) canonique. Cette équation permet de représenter la stratégie de décomposition-composition utilisée par l'élève (dans l'encadré immédiatement dessous au sein de la figure). Après l'usage de la « boîte à nombres » (une représentation très utilisée dans ACE), tout en haut de la feuille, celui du schéma-ligne (qui est utilisé ici sans graduation pour approximer la solution), fait appréhender les nombres à la fois comme des positions et des mouvements sur une ligne.

Les techniques de composition-décomposition sont liées aux deux systèmes de représentation (la boîte à nombres et le schéma-ligne), et rendent l'élève capable d'utiliser d'une manière fructueuse sa connaissance des doubles et des compositions de 10.

On peut noter également l'usage sémiotique inventif de l'espace et des fléchages (dans l'encadré au bas de la figure) qui permet de donner à voir les stratégies de calcul. L'élève commence d'abord par décomposer 6 (en $3 + 3$). Il relie ensuite l'un des « 3 » de ce $3 + 3$ au 7, immédiatement en dessous, qui est l'autre terme de l'opération $7 + 6$. Une flèche partant du 7 et allant jusqu'à 10 en bas de l'encadré symbolise l'opération partielle $7 + 3$. Le 3 « restant »

dans la décomposition, non impliqué dans l'addition $7 + 3$, est ajouté en ligne à 10, pour l'obtention du résultat 13.

Il nous paraît important de prendre en compte, ici, la manière dont cette activité peut être conçue comme l'*étude* d'une opération. Peut-être l'élève connaissait-il déjà par cœur la somme de 7 et 6. Mais le jeu ne consiste pas à calculer le *résultat* d'une opération. Il s'agit d'*étudier* cette opération, c'est-à-dire de trouver différentes manières de la représenter. Il s'agit donc de jouer pour lui-même un *jeu de représentation*, comme nous le signalions plus haut, en utilisant les techniques et stratégies qui permettent d'obtenir ce résultat, notamment en utilisant des signes de manière à la fois « rigoureuse » (c'est-à-dire compréhensible) et « créative ».

Dans cette perspective, au sein d'un tel « jeu d'étude d'une opération », le résultat peut être donné directement dans l'incitation professorale, et le travail du Journal du Nombre entrepris *indépendamment* de la connaissance de ce résultat.

Les Fils rouges

L'institution de Fils rouges dans ACE est une *conséquence* directe de la coopération professeurs–chercheurs. Bien entendu, cette coopération ne se limite pas à cela. Les différents modules et le Journal du Nombre doivent précisément leur structure actuelle au travail de coconception continue entre professeurs et chercheurs, au sein du cycle de réitération des mises en œuvre successives des diverses versions de la progression.

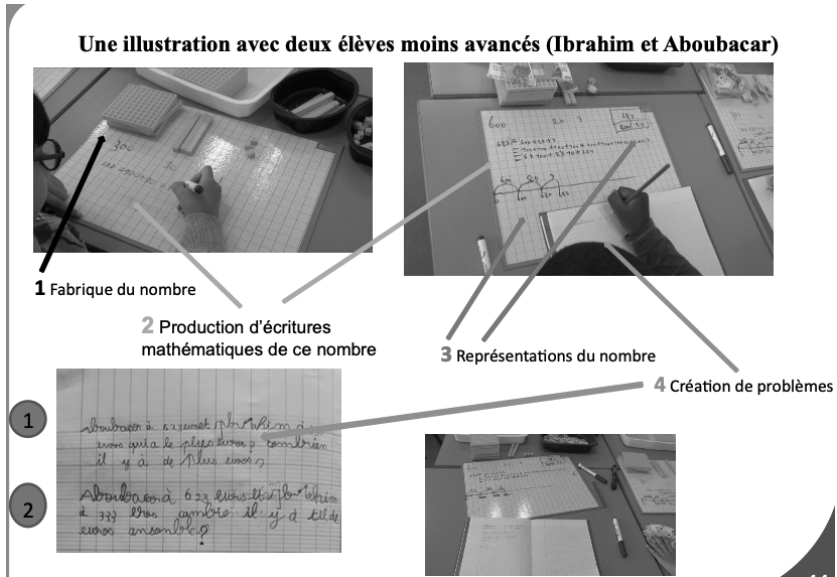
Mais ce qui singularise les Fils rouges, c'est qu'ils sont directement issus d'une prise de conscience collective, dans le dialogue d'ingénierie, des faiblesses et des forces d'un état donné de la progression. La coopération a alors consisté à imaginer des dispositifs, greffés sur la progression, destinés à en pallier les faiblesses et à en dynamiser les forces. Dans la partie à venir, nous donnons à voir un exemple d'une telle coopération.

Le principe général des Fils rouges est voisin de celui du Journal du Nombre. Les Fils rouges visent donc à la fois l'élaboration d'une posture d'enquête pour chaque élève et l'obtention d'une solidarité et d'une coopération épistémiques dans le collectif. Il s'agit de mettre l'élève en situation de produire des mathématiques de son propre mouvement, de lier la production individuelle à la production collective, et de passer d'une compréhension *passive* des mathématiques à une capacité *active* à les produire. L'activité est relativement courte (moins de 20 minutes en général), régulière (trois ou quatre fois par semaine en général), et elle évolue progressivement, en fonction des avancées propres des élèves. Ainsi, les Fils rouges tentent de travailler un problème didactique majeur, celui de la continuité de l'expéri-

ence des élèves et du professeur dans l'action conjointe. Nous reprenons rapidement ce problème dans la dernière partie de cet article.

L'ingénierie coopérative a produit trois Fils rouges : « Explorer la ligne », « La Fabrique du nombre », et « La création de problèmes ». Nous donnons ci-dessous un exemple qui unit ces trois Fils rouges.

Figure 5. Un exemple de trois Fils rouges ACE au sein de la même activité.



La figure ci-dessus présente le travail accompli dans une classe de CE1, en fin d'année (Douarin, 2019). Il s'agit d'un travail qui réunit deux élèves (Ibrahim et Aboubacar), qui sont les moins avancés de la classe. Au temps 1 (photo en haut à gauche), les élèves travaillent sur la Fabrique du nombre. Ils ont choisi de représenter, avec le matériel Diénès type « base 10 », le nombre 333. Ils le produisent donc (3 plaques-centaines, 3 barres-dizaines, 3 cubes-unités) et écrivent ensuite l'écriture symbolique $333 = 300 + 30 + 3$. Le temps 2 (photo en haut à droite) montre la continuation du même processus, avec un autre nombre (623). On voit que les élèves ont produit l'écriture symbolique du nombre. La première ligne est l'écriture additive classique ($623 = 600 + 20 + 3$) ; la deuxième présente une décomposition ; la troisième est une écriture multiplicative ($623 = 6 \times 100 + 2 \times 10 + 3 \times 1$). Les élèves ont ensuite utilisé les systèmes de représentation du Fil rouge (proportions très approximatives) et de la boîte (en haut à droite de la feuille).

Dans un troisième temps de leur activité, les élèves ont composé chacun un problème à partir de ce travail sur le nombre 623.

1) Aboubacar a 623 euros. Ibrahim a 333 euros. Qui a le plus d'euros ? Combien il y a de plus euros (Combien a-t-il d'euros en plus) ? (Une partie de la ponctuation a été ajoutée).

2) Aboubacar a 623 euros. Ibrahim a 333 euros. Combien y a-t-il d'euros ensemble (Combien ont-ils d'euros ensemble) ? (Une partie de la ponctuation a été ajoutée, l'orthographe corrigée).

Ainsi, dans cette classe, les trois Fils rouges (Fabrique de nombres, Explorer la ligne, Création de problèmes) ont évolué parallèlement, avant de progressivement se fondre et s'entremêler. Pendant le troisième trimestre de l'année scolaire, les élèves vont ainsi pratiquer journalièrement ce Fil rouge « intégré », les productions d'élèves donnant lieu, lors de la mise en commun, au travail d'amélioration graduel que nous avons mentionné ci-dessus.

Les dispositifs rapidement décrits ci-dessus sont le fruit d'un travail commun, entre professeurs et chercheurs, sur la longue durée. Dans le paragraphe suivant, nous en donnons un exemple.

Le travail coopératif : un exemple au long cours

Le travail coopératif entre professeurs et chercheurs, tout au long du développement de la recherche ACE, a évolué considérablement. Il s'est d'abord centré sur la coconception de séances pour la production, ou sur leur révision. Pour exemple de ce type de travail, considérons le Fil rouge « Explorer la ligne », rapidement décrit ci-dessus. Comme on l'a vu, ce Fil rouge reprend un mode de représentation crucial dans ACE, le schéma-ligne. On peut distinguer à ce jour trois temps de coopération sur cette représentation.

Le premier temps de cette coopération renvoie à un échec crucial des débuts de la progression. Le collectif avait pensé essentiel de fournir aux élèves un moyen de représenter les opérations mathématiques. La progression ACE a donc intégré, dès la version d'essai construite au sein de l'ingénierie coopérative, le schéma-ligne (Joffredo-Le Brun, 2020 ; Ruellan, 2017).

Voilà comment la progression initiale proposait que les élèves représentent l'addition $2 + 3$:

Figure 6. Le schéma-ligne pour représenter une addition.

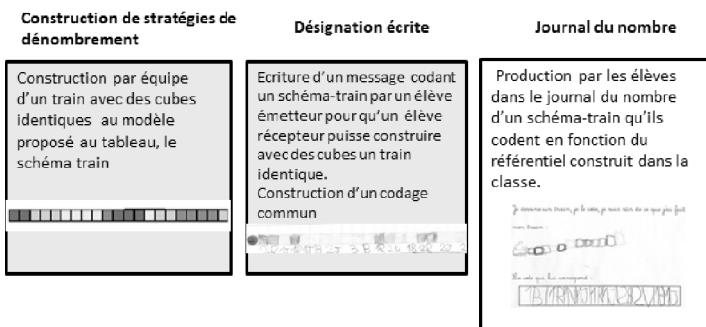


Document ACE « Déroulement », 2012–2013.

Lors de la première mise en œuvre au sein du groupe expérimental, de nombreux professeurs réagissent très vite sur le forum de la recherche ou les listes de diffusion pour exprimer *la grande difficulté de la plupart des élèves* à intégrer cette représentation en soi (le fait que, sur la demi-droite graduée, la distance entre 0 et 1 représente le nombre « 1 », le problème du zéro comme origine, etc.), et dans la mise en lien avec l'addition issue du jeu des annonces. L'équipe de recherche et les professeurs du groupe expérimental travaillent ce problème de la manière suivante.

Après certains échanges, *le professeur d'une classe expérimentale*, dans le forum de la recherche, fait une proposition. Il s'appuie sur le fait que le module introductif (module 0) au jeu des annonces a confronté les élèves à la construction de « trains de cubes » correspondant à un nombre donné, et à la représentation de ces trains de cubes par des « trains-nombres » de ce type, au sein d'un *jeu de communication* (fig. 7).

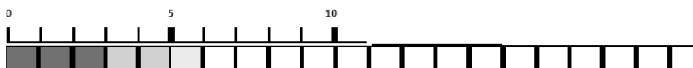
Figure 7. Une description du module 0 dans ACE.



Source : Joffredo-Le Brun, 2020.

En continuité avec ce module 0, ce professeur propose donc dans le forum de s'aider de cette représentation connue (le « train-nombre ») pour appréhender la représentation nouvelle (le « schéma-ligne »), en les superposant et en les commentant judicieusement (ici, un « intervalle » correspond à un « wagon »), comme ci-dessous :

Figure 8. La mise en correspondance schéma-train/schéma-ligne.



Cette suggestion est discutée dans le forum et dans l'équipe de l'ingénierie coopérative. Après plusieurs essais dans les classes, discutés lors des réunions d'ingénierie, elle est intégrée.

Ce premier temps de coopération montre donc comment une insuffisance de la progression, révélée sur le terrain, a été surmontée grâce au travail conjoint des membres de l'ingénierie coopérative et des professeurs expérimentaux.

Le deuxième temps de la coopération sur cet exemple renvoie à l'intégration du schéma-ligne dans le travail du Fil rouge « Explorer la ligne ». Ce Fil rouge, ainsi que nous l'avons évoqué ci-dessus, a été institué en tant que dispositif pour dépasser un obstacle constaté lors de l'une des évaluations prétest / posttest de la recherche. Celle-ci intégrait la résolution du problème suivant : « À la récréation, Dimitri joue aux billes. Au début de la partie, il possède 37 billes. À la fin, il a 72 billes. Combien a-t-il gagné de billes ? » L'analyse des évaluations (Fischer, *et al.*, 2019) montre que les élèves des classes expérimentales ACE ont réussi significativement mieux cette résolution du point de vue de l'identification du type de problème (par exemple, ils ont été significativement moins nombreux que les élèves du groupe contrôle à faire une addition pour résoudre le problème). Toutefois, leur supériorité effective quant aux résultats à l'épreuve (35 billes) n'a pas été significative. Un travail réunissant professeurs et chercheurs, et dévolu au traitement de cette question s'est conclu dans l'élaboration collective du Fil rouge « Explorer la ligne », dont la conceptualisation a donné également lieu à un travail de recherche spécifique, par une professeure du LéA (Ruellan, 2017).

Ce deuxième temps de la coopération permet de saisir comment une amélioration de la progression a été le fruit d'un travail collectif professeurs-chercheurs, sur plusieurs mois, dont un mémoire de recherche a pu rendre compte.

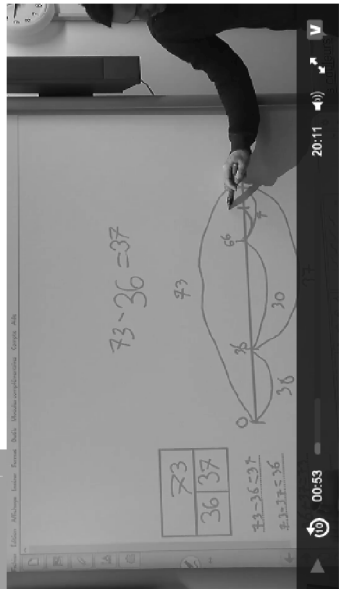
Le troisième temps de la coopération professeur-chercheurs sur cet exemple du schéma-ligne permet de prendre acte d'un nouveau stade dans ce processus, consistant dans l'élaboration de systèmes hypermédias, par l'équipe de recherche, présentant le Fil rouge « Explorer la ligne ». Un tel système hypermédia (cf. ci-dessous pour une description rapide) peut être institué de la manière suivante.

a) À partir d'un travail élaboré dans une classe sur le Fil rouge, un premier système hypermédia est élaboré sur la base d'un film d'étude (Sensevy, *et al.*, à paraître a,b) qui donne à voir et à comprendre la pratique didactique.

b) Dans une seconde phase, ce premier système est discuté précisément dans l'usage d'un logiciel d'annotation vidéo⁷ :

7. Le logiciel Vialogues, développé par l'Université Columbia : <https://www.vialogues.com/vialogues/play/43691>

Figure 9. Commentaire de la première version d'un système hybride (SHTIS, Système Hybride Texte Image Son).



NEW COMMENT
Enter your comment here. Use ``Ctrl+Enter`` to post.

00:31 Quand sont énoncés "train-nombre" et "schéma-ligne", peut-être en faire apparaître un exemple à l'écran ?
Jerome Santini | 7 months ago | ↩

01:30 Je trouve que toute cette première partie, on pourrait dire "de mise en intrigue", est bien construite (et nous place bien dans le contexte). Peut-être est-ce le moment ici de préciser le savoir exploré dans la classe, en expliquant l'expression "explorer la différence" ? On pourrait dire : "explorer la différence entre deux nombres, soit chercher l'écart entre ces deux nombres". | Read Less
Celine LE | 3 years ago | ↩

01:44 Il serait intéressant qu'on entende Olivier commenter ce dispositif comme il l'a fait lors du colloque.
"C'est moi (le professeur) qui définit les binômes en les composant d'un.e élève moins avancé.e et d'un.e élève plus avancé.e. Puisque c'est une activité ritualisée, ... | Read More
Josiane BUELLAN | 7 months ago | ↩

On voit ci-dessus comment le travail du professeur sur la ligne est commenté (colonne de gauche) par des membres de l'ingénierie, dont les propositions ont été prises en compte dans une version révisée du système hypermédia.

c) La troisième phase renvoie à l'élaboration d'une version provisoirement finale du système hypermédia, qui peut jouer un double rôle de matériau empirique pour le travail de la recherche (notamment au sein du processus de preuve) et d'instrument de diffusion de la recherche (cf. note de bas de page 9).

Le troisième temps de la coopération professeur-chercheurs sur cet exemple du schéma-ligne permet d'avancer l'idée selon laquelle l'ensemble des principes de l'ingénierie coopérative préalablement exposés se concrétisent dans la production de systèmes hypermédiés initiée par des professeurs de l'ingénierie (d'un protosystème proposé par un professeur à l'élaboration collective d'un système hypermédia). Cette idée s'inscrit dans la conception selon laquelle la capacité de description de sa pratique par un professeur participant à l'ingénierie, et la capacité de redescription et commentaire de cette pratique au sein de l'ingénierie, telle qu'elle est concrétisée finalement dans un système hypermédia, sont fondamentales pour le développement des ingénieries coopératives, et, au-delà, pour les recherches en éducation. Nous reprendrons plus avant la question épistémologique et théorique des systèmes hypermédiés.

Ce qui précède nous a permis de donner quelques éléments d'une ingénierie coopérative, à la fois sur le plan théorique et dans le concret d'une ingénierie particulière. Nous allons maintenant énoncer quelques remarques relatives à l'épistémologie générale que de telles recherches nous amènent à produire.

Science fondamentale, science ingénierique

Sciences de la culture, sciences de la nature : comprendre pour transformer pour comprendre...

Dans la présentation de ce numéro de *Raisons éducatives*, la coordination utilise l'expression « sciences interventionnelles ». Le syntagme nous paraît intéressant, en particulier parce qu'il rejoint l'épistémologie sous-jacente à l'élaboration d'ingénieries coopératives. Celles-ci s'appuient en effet sur ce que nous avons pu nommer (Morales, *et al.*, 2017) schéma deweyen, dans lequel l'entreprise scientifique est vue comme l'organisation d'une relation essentielle entre comprendre et transformer. Les sciences de la nature fonctionnent selon

ce principe : comprendre pour transformer pour comprendre pour transformer, etc. Nous soutenons que les sciences de la culture – les sciences qui s'efforcent de comprendre les êtres humains et les institutions dans lesquelles ils agissent – gagneraient à intégrer cette structure. Cela suppose que soient révoqués en doute de nombreux dualismes contreproductifs, en particulier celui de la « théorie » et de la « pratique ». Pour cela, il faut en particulier accepter que l'objet des sciences de la culture puisse être non pas seulement la compréhension abstraite de certains phénomènes, qui n'amène pas nécessairement à l'amélioration de l'action, mais l'action culturellement/conceptuellement structurée elle-même (cf. notamment Santini, 2021). Il faut alors établir une relation spécifique entre abstrait et concret, dans laquelle abstrait et concret se spécifient mutuellement (nous reviendrons sur ce point). Cette relation demande que l'objet d'une science de la culture soit la pratique elle-même. Pour parler comme Bourdieu (1980), les sciences de la culture doivent pouvoir devenir une *théorie de la pratique*. L'objet de la science sera alors directement la pratique considérée. Pour continuer dans le domaine des ingénieries coopératives, par exemple, l'activité scientifique consistera à répondre à la question suivante : *quels dispositifs le professeur et le collectif dans lequel il s'inscrit doivent-ils élaborer pour que les élèves d'une classe de CP élaborent un rapport culturellement dense aux mathématiques, en développant une posture d'enquête, dans la solidarité et la coopération épistémique ?* Le travail problématisé de cette question constituera l'objet de la recherche. Celle-ci se concevra donc à la fois comme une science ingénierique (de production de dispositifs pour la vie bonne) et comme une science fondamentale – anthropologique, ici – qui permettra de mieux comprendre l'activité des êtres humains qui enseignent et apprennent. Et l'on peut faire l'hypothèse suivante : activité scientifique ingénierique et activité scientifique anthropologique seront en étroite dépendance mutuelle. Meilleure sera l'une, meilleure sera l'autre.

Professionnels et chercheurs sur la profession

Une conception des sciences de la culture comme à la fois ingénieriques et fondamentales a de profondes conséquences, indissociablement épistémologiques et éthiques. Prendre au sérieux la pratique suppose d'abord qu'on reconnaisse le *métier* des professeurs, leur ingéniosité pratique, leurs arts de faire (Collectif didactique pour enseigner, 2019). Cela ne va pas de soi, pour nombre de raisons. En premier lieu, comme le précisait Etzioni (1969), et à sa suite Chevillard (2010), la profession de professeur est loin d'avoir atteint la légitimité et la solidité institutionnelle qui sont celles des professions d'ingénieur, d'avocat, ou de médecin. La profession de professeur est ainsi, aujourd'hui encore, une *semi-profession*. Elle ne dispose pas d'un corpus propre de connaissances et de savoir-faire qui repose sur des disciplines fondamentales, et qui peuvent constituer le soubassement des décisions professionnelles. Elle ne contrôle pas elle-même, par ailleurs, les conditions

de travail des professionnels, et supporte une forte exposition à la surveillance et au contrôle de son administration et de ses instances de tutelle.

Faire vivre une conception des sciences de la culture comme à la fois ingénieriques et fondamentales demande une tout autre conception du métier de professeur. L'exemple d'ACE nous paraît à cet égard significatif. Les apports de cette recherche nous semblent en effet pouvoir se décrire en particulier comme résultats de l'implication de plus en plus importante des professeurs dans la production des séquences d'enseignement. La version initiale de la progression (2012), même élaborée avec la participation intense de professeurs, était très loin de l'actuelle. Comme nous l'avons précisé au sein du paragraphe ci-dessus consacré à l'étude de l'intégration de la représentation du schéma-ligne dans le Fil rouge « Explorer la ligne », le développement des dispositifs ACE, qui concrétisent la posture d'enquête dans la solidarité et la coopération épistémiques, est une conséquence directe d'un dialogue d'ingénierie au sein duquel la place des professeurs, sur la longue durée de la recherche, s'est accrue considérablement – notamment dans la production de systèmes complexes de description de la pratique – jusqu'à devenir aujourd'hui, au sein du LÉA ACE, au moins égale à celle des chercheurs.

Faire vivre des sciences de la culture indissociablement ingénieriques et fondamentales repose ainsi sur une modification en profondeur qu'on pourrait finalement qualifier de *politique*. Il s'agit de penser le métier de professeur comme une *profession*, dont les connaissances et les savoir-faire, l'ingéniosité pratique et les arts de faire, peuvent apporter un élément essentiel à l'entreprise collective : la vision et l'action de connaisseurs pratiques que la recherche devra intégrer (cf. notamment Sensevy, 2020). Il faudra alors prendre conscience que cette transformation, à la fois institutionnelle et épistémologique, du métier de professeur, suppose également celle de la profession de chercheur. Un chercheur qui entreprend de travailler dans le cadre d'une ingénierie coopérative ne peut évidemment pas se satisfaire de la position *en surplomb* de celui qui sait ; mais bien au-delà, il doit considérer, nous le précisons ci-dessous, que les connaissances, réelles, dont il dispose, ne peuvent prendre réellement leur sens que dans leur *concrétisation*, ce processus amenant d'ailleurs à leur reconceptualisation.

Une telle conception des sciences de la culture nous semble pouvoir gagner au développement d'une épistémologie spécifique, dont nous allons donner ci-dessous quelques linéaments.

Vers une épistémologie de l'analogie paradigmatique

Les conceptions classiques de l'épistémologie, en particulier lorsqu'elles sont calquées sur les sciences de la nature, donnent à la notion de loi une place centrale. L'activité scientifique est conçue comme une détermination de lois

qui rendent compte des régularités du monde, lois converties en modèles. On a pu *contester* la pertinence et la productivité d'une telle conception (cf. notamment Cartwright, 1983 ; Kuhn, 1972) en particulier, chez Kuhn, avec la notion d'exemple exemplaire.

La notion d'exemple emblématique

La conception épistémologique la plus adéquate au développement d'une science de la culture nous semble résider dans la notion d'exemple emblématique. Un exemple emblématique est ontologiquement identique à un exemple exemplaire, au sens de Kuhn (1990). Celui-ci, en reprenant et reconceptualisant la notion de *paradigme* (Kuhn, 1972), donne deux sens à cette dernière notion. Le premier sens, désormais classique, réfère aux « découvertes scientifiques universellement reconnues qui, pour un temps, fournissent à un groupe de chercheurs des problèmes types et des solutions » (Kuhn, 1972, p. 10). Un paradigme renvoie ainsi à une manière de voir le monde, qui structure théorie, méthode, et la manière dont théories et méthodes vont travailler l'empirie. Il correspond de fait à une *matrice disciplinaire*. Ce premier sens renvoie donc, selon Kuhn, à une communauté scientifique (Kuhn, 1990).

Un second sens de la notion de paradigme, seulement contenu en germe dans le premier sens, renvoie pour Kuhn (1990) à la notion d'exemple exemplaire (*exemplar*), qu'il décrit comme des problèmes concrets et leur solution, sur la base desquels aussi bien l'étudiant en science que le scientifique expérimenté s'appuient, qu'il s'agisse de résoudre des problèmes classiques, pour l'étudiant, ou de comprendre et transformer le monde, pour le scientifique.

L'épistémologie des sciences de la culture que nous proposons de développer s'appuie donc sur la notion d'*exemple exemplaire*. Dans cette conception, faire des sciences, ce sera, d'une part, élaborer des exemples qui pourront à terme jouer le rôle d'exemples exemplaires dans la communauté scientifique, et ainsi constituer, d'autre part, de précieuses balises dans l'opération de recherche, par exemple au sein d'une ingénierie coopérative. Ces exemples seront nommés *emblématiques*, c'est-à-dire *potentiellement exemplaires*⁸. Ils seront donc emblématiques de la manière dont un collectif problématiser concrètement une question.

La question de l'analogie : vers une épistémologie de l'analogie paradigmatique dans la production de système hypermédias (SHTIS)

Dans une telle perspective, l'opération épistémique fondamentale sera l'analogie, ainsi considérée au cœur de la pensée (Hofstadter & Sander, 2013). Kuhn

8. Bien entendu, le chercheur ne peut « décréter » lui-même que l'exemple qu'il propose a valeur d'exemple exemplaire. Il peut le concevoir comme emblématique, et c'est la communauté de recherche dans laquelle il s'insère, en tant que collectif de pensée (Fleck, 2005), qui le considèrera ou non, avec le temps, comme exemplaire.

lui-même donne une place fondamentale à l'opération d'analogie, puisque le travail du chercheur consiste à mettre en relation la situation problématique à laquelle il est confronté avec d'autres – qui peuvent être phénoménalement très proches ou très éloignées – qui vont lui fournir des clés de compréhension

Au sein des ingénieries coopératives, une *épistémologie de l'analogie paradigmatique* suppose alors la production d'exemples emblématiques, puis l'étude systématique, sur le long terme, de ces exemples emblématiques qui peuvent amener à leur reconceptualisation. Les exemples empiriques qui figurent dans cet article, relatifs à l'ingénierie coopérative ACE, peuvent ainsi se concevoir comme la base de tels exemples emblématiques. Il s'agit alors d'identifier, dans la pratique, un problème crucial, et de donner à voir et à comprendre comment ce problème crucial est traité. Nous en avons décrit « un exemple au long cours » ci-dessus avec le travail de coopération autour du schéma-ligne intégré dans le Fil rouge « Explorer la ligne ». Un autre exemple renvoie au fait que le *Journal du Nombre* ou les *Fils rouges* décrits en substance ci-dessus traitent le problème fondamental de la continuité de l'expérience didactique et mathématique des élèves et du professeur dans leur action conjointe. Cette continuité est capitale, car c'est dans la capacité à mettre en relation l'activité épistémique présente avec l'activité passée et l'activité future que le processus d'enquête peut s'établir.

D'une manière générale, les exemples emblématiques prendront la forme concrète de systèmes hypermédias (Système Hybride Texte Image Son, SHTIS – cf. Blocher, 2018, Sensevy, *et al.*, à paraître b) fondés sur des films d'étude (Sensevy, *et al.*, à paraître a) de la pratique, eux-mêmes diversement commentés par des membres de l'ingénierie coopérative (dont le professeur qui a mis en œuvre la pratique) ou des personnes extérieures, et annotés de représentations diverses (et les annotant en retour)⁹.

On peut voir de tels systèmes hypermédias comme des formes particulières de textualisation, non linéaire, des systèmes de *représentations* liées dans une forme *documentaire* spécifique, qui permettront de mettre à l'étude les exemples emblématiques sur la base desquels la recherche pourra se poursuivre, et la formation s'exercer.

Les preuves de l'efficacité

Penser les sciences de la culture comme indissociablement anthropologiques et ingénieriques amène, on l'a vu, à établir un lien ombilical entre le comprendre et le transformer. Cela signifie donc s'inscrire dans une

9. En lien avec le paragraphe ci-dessus consacré au travail coopératif sur le schéma-ligne/Fil rouge « Explorer la ligne », le lecteur pourra trouver ici des exemples-prototypes de SHTIS fonctionnant comme exemples emblématiques dans la recherche ACE : http://pukao.espe-bretagne.fr/public/tjnb/shtis_ace/accueil.html

épistémologie normative, au sein de laquelle la construction de normativité ne se fait pas en référence à des normes préétablies, mais émane directement de l'activité de recherche elle-même. Dans une ingénierie coopérative, nous l'avons vu, la mise en œuvre de séquences correspond au travail d'hypothèses de travail, qui sont des hypothèses d'enseignement (du type telle pratique d'enseignement, au sein de telles situations, a une forte probabilité de produire tels types de comportements mathématiques). La validation collective *in situ* de ces hypothèses d'enseignement construira la normativité inhérente à une épistémologie des sciences de la culture, et donnera une direction et un sens à la transformation des dispositifs et des pratiques. Dans cette perspective, la notion de preuve, d'évidence, devra donc jouer un rôle majeur. Comment conclure que telle pratique d'enseignement possède une certaine valeur, et laquelle ? Nous distinguerons alors deux genres de preuves et deux paradigmes pour le travail de la preuve (Sensevy, à paraître ; Sensevy, *et al.*, 2018).

Le premier genre de preuve, classique, est représenté par les preuves de type statistique, par exemple dans la structure classique prétest / posttest, groupe expérimental/groupe contrôle. La recherche ACE a construit des preuves de ce genre (Fischer, *et al.*, 2019 ; Vilette, *et al.*, 2017), qui ont pu montrer l'efficacité (différenciée) de la progression ACE. Le deuxième genre de preuve, selon nous très insuffisamment reconnu dans la recherche, renvoie à ce que nous nommons des *preuves culturelles*. Il s'agit de ces évidences concrètes, qui constituent en particulier la substance et le moteur de l'activité d'un connaisseur pratique, qu'il soit jardinier, chimiste, cuisinier, maçon, médecin, charpentier, physicien, chorégraphe, etc., preuves au moyen desquelles ce connaisseur pratique organise son activité. Dans une épistémologie de l'analogie emblématique, les exemples emblématiques, et les systèmes hypermédiés qui les concrétisent, constituent des éléments centraux de ce type de preuve. Pour revenir sur « l'exemple au long cours » schéma-ligne/Fil rouge « Explorer la ligne » décrit ci-dessus, nous soutenons que quiconque veut appréhender l'efficacité (ou le manque d'efficacité) de la progression ACE gagnera à prendre connaissance des exemples emblématiques tels qu'ils sont donnés à voir et à comprendre dans les systèmes de représentation engendrés par le travail coopératif professeurs-chercheurs.

Dans une telle perspective, les preuves culturelles s'inscrivent dans un paradigme spécifique du travail de la preuve. Nous distinguons en effet, à côté du paradigme classique du *traitement* (dont le modèle est celui du traitement médicamenteux), le paradigme de *l'accomplissement*, qui suppose une habileté, un art de la mise en œuvre. Parler des effets d'une « méthode » – ou pour, ce qui concerne la recherche ACE, d'une progression – n'a de sens que si la mise en œuvre est accomplie avec suffisamment de pertinence, suffisamment d'art. C'est donc cet ensemble de capacités, de *skills*, de *crafts*, pour utiliser les termes anglais si adéquats, qu'il faut se rendre capable de comprendre, en étudiant des représentations de la pratique.

Ajoutons pour terminer sur ce point que l'insistance sur les preuves culturelles et le paradigme de l'accomplissement auquel elles sont liées ne signifie nullement le rejet des preuves statistiques et du paradigme du traitement. C'est au contraire dans la mise en synergie de la recherche des deux genres de preuves (Sensevy, 2014), comme nous tentons de le faire dans ACE, que la dialectique entre compréhension et transformation peut selon nous s'exprimer au mieux.

En conclusion, abstrait et concret : l'ascension de l'abstrait au concret

Reprenons pour terminer la question du titre : comment penser la question de « l'alliance entre la recherche et le terrain » ? Nous avons essayé d'apporter quelques éléments dans ce qui précède. Il nous semble ici qu'ils convergent pour fournir une réponse très générale à cette question. Celle-ci tient dans de nouvelles formes de relation entre « l'abstrait » – le plus souvent représenté par « la recherche » – et le concret – le plus souvent représenté par « le terrain ».

Une épistémologie de l'analogie paradigmatique, telle que nous l'avons ébauchée dans cet article, repose en effet sur une relation particulière entre l'abstrait et le concret. Pour reprendre les mots et l'idée de Marx et de ses continuateurs (Engeström, Nummijoki, & Sannino, 2012 ; Ilyenkov, 1982 ; Marx, 1859/2014), elle requiert en effet une *ascension de l'abstrait au concret*, c'est-à-dire, ici, une ascension de formes abstraites à la réalité des accomplissements pratiques tels qu'ils sont donnés à voir et à comprendre au sein de dispositifs d'enseignement. Considérons ainsi la signification abstraite de *continuité de l'expérience*, telle qu'elle a été par exemple élaborée par Dewey (1993). Il s'agit d'un abstrait pertinent et profond, comme aurait dit Marx. Mais cette signification seule (« favoriser dans l'action didactique la continuité de l'expérience ») ne peut prétendre à guider suffisamment l'action efficace. C'est dans sa concrétisation sous la forme de dispositifs d'enseignement (par exemple les Fils rouges d'ACE) qu'elle permettra ou non une puissance d'action, à la manière dont une « loi » théorique, générale en physique, ne peut permettre d'agir sur la réalité qu'à travers un modèle concrétisant cette loi (Cartwright, 1999). En retour, la notion théorique – ici, la continuité de l'expérience – gagnera à cette concrétisation, et pourra être reconceptualisée, avant de nouvelles concrétisations, actualisant ainsi un cycle concret-abstrait immanent à la dialectique de la compréhension et de la transformation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Artigue, M. (2015). Perspectives on design research : The case of didactical engineering. In A. Bikner-Ahsbahr, C. Knipping & N.C. Presmeg (Éds.), *Approaches to qualitative research in mathematics education* (pp. 467–496). Dordrecht : Springer.
- Artigue, M. (2018). Didactic engineering in mathematics education. In S. Lerman (Éd.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 202–206). Dordrecht : Springer.
- Barquero B., & Bosch, M. (2015) Didactic engineering as a research methodology : From fundamental situations to study band research paths. In A. Watson & M. Ohtani (Éds.), *Task design in mathematics education* (pp. 249–272). Dordrecht : Springer.
- Blocher, J.-N. (2018). *Comprendre et montrer la transmission du savoir : les systèmes hybrides textes-images-sons comme lieux de production et d'écriture de phénomènes. Illustrations en Théorie de l'Action Conjointe en Didactique*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, Université de Bretagne occidentale.
- Bloor, T. (2020). *Travail coopératif entre une professeure de physique et une professeure d'anglais dans le secteur LANSAD (LANGues pour les Spécialistes d'Autres Disciplines) : une étude menée dans le cadre d'une ingénierie didactique CLIL (Content and Language Integrated Learning)*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, Université de Bretagne occidentale.
- Bourdieu, P. (1980). *Le sens pratique*. Paris : Minuit.
- Brousseau, G. (1998). *Théories des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée sauvage.
- Cartwright, N. (1983). *How the laws of physics lie*. Oxford : Clarendon.
- Cartwright, N. (1999). *The dappled world : A study of the boundaries of science*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13.
- Chevallard, Y. (2010). L'échec splendide des IUFM et l'interminable passion du pédant. *Regards des didactiques des disciplines sur les pratiques et la formation des enseignants*. Conférence inaugurale du Colloque « Regards des didactiques des disciplines sur les pratiques et la formation des enseignants » organisé par le Gridife (Toulouse, 20–22 octobre 2010).
- Collectif didactique pour enseigner (2019). *Didactique pour enseigner*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Dewey, J. (1993). *Logique : la théorie de l'enquête* (trad. par G. Deledalle). Paris : PUF.
- Douarin, F. (2019). *Compte-rendu d'un travail ACE*. LéA ACE, Institut français de l'éducation.
- Engeström, Y., Nummijoki, J., & Sannino, A. (2012). Embodied germ cell at work : Building an expansive concept of physical mobility in home care. *Mind, Culture, and Activity*, 19(3), 287–309.

- Etzioni, A. (1969). *Semi-professions and their organization ; Teachers, nurses, social workers*. New York : Free Press.
- Fischer, J.-P., Sander, E., Sensevy, G., Vilette, B., & Richard, J.-F. (2019). Can young students understand the mathematical concept of equality ? A whole-year arithmetic teaching experiment in second grade. *European Journal of Psychology of Education*, 34(2), 439–456. <https://doi.org/10.1007/s10212-018-0384-y>
- Fleck, L. (2005). *Genèse et développement d'un fait scientifique*. Paris : Les Belles Lettres.
- Gerin, M. (2020) *Co-écriture fille-garçon en symétrie : une ingénierie didactique coopérative pour concrétiser l'égalité des sexes au CP*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, Université Rennes 2.
- Gruson, B. (2019). *L'action conjointe en didactique des langues : élaborations conceptuelles et méthodologiques*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.
- Hofstadter, D., & Sander, E. (2013). *L'analogie : cœur de la pensée*. Paris : Odile Jacob.
- Ilyenkov, E. (1982). *The dialectics of the abstract and the concrete in Marx's Capital*. Moscou : Progress.
- Jodry, G. (2018). *Les affects dans la relation didactique : une étude exploratoire en classe de sixième*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, Université de Bretagne occidentale.
- Joffredo-Le Brun, S. (2020). Co-conception d'un curriculum en mathématiques au CP entre professeurs et chercheurs : une étude exploratoire. *Recherches en didactique des mathématiques*, 40(3), 269–318.
- Joffredo-Le Brun, S., Morellato, M., Sensevy, G., & Quilio, S. (2018). Cooperative engineering as a joint action. *European Educational Research Journal*, 17(1), 187–208.
- Kuhn, T. (1972). *La structure des révolutions scientifiques* (trad. [de la 2^e éd. américaine]). Paris : Flammarion.
- Kuhn, T. (1990). *La tension essentielle : tradition et changement dans les sciences* (trad. par M. Biezunski, P. Jacob, A. Lyotard-May et G. Voyat). Paris : Gallimard.
- Lefeuve, L. (2018). *Didactique de l'enquête pour une lecture interprétative d'une fable de Jean de la Fontaine, selon une épistémologie de l'élévation de l'abstrait au concret : étude de cas au sein d'une ingénierie coopérative*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, Université de Bretagne occidentale.
- Marx, K. (1859/2014). *Introduction à la critique de l'économie politique*. Paris : Les Éditions sociales.
- Morales, G., Sensevy, G., & Forest, D. (2017). About cooperative engineering : Theory and emblematic examples. *Educational Action Research*, 25(1), 128–139.
- Perraud, C. (2021). *Coopérer pour dépasser nos handicaps*. Rennes : PUR.

- Ruellan, J. (2017) « Des ponts et des graduations ». *Explorer la ligne numérique au CE1 pour calculer une différence*. Mémoire de master 2 recherche. Université de Bretagne Occidentale.
- Santini, J. (2021). *Comprendre des concepts. L'articulation jeu didactique et jeu épistémique dans une théorie de l'action conjointe en didactique*. Rennes : PUR
- Sensevy, G. (2014). Characterizing teaching effectiveness in the Joint Action Theory in Didactics : An exploratory study in primary school. *Journal of Curriculum Studies*, 46(5), 577–610.
- Sensevy, G. (2019). Forme scolaire et temps didactique. *Le Télémaque*, 55(1), 93–112.
- Sensevy, G. (2020). À propos des lumières. L'intelligence et la coopération. In M. Fabre & C. Chauviré (Éds.), *L'éducation et les Lumières. Enjeux philosophiques et didactiques contemporains*. Dijon : Raison et Passions.
- Sensevy, G. (à paraître). Les relations entre les méthodes et les preuves : sur la notion de *preuve culturelle*. In B. Albero & J. Thievenaz (Éds.), *Traité de méthodologie de la recherche en Sciences de l'Éducation et de la Formation*.
- Sensevy, G., Forest, D., Quilio, S., & Morales, G. (2013). Cooperative engineering as a specific design-based research. *ZDM, The International Journal on Mathematics Education*, 45(7), 1031–1043.
- Sensevy, G. Santini, J. Cariou, D., & Quilio, S. (2018). Preuves fondées sur la pratique, pratiques fondées sur la preuve : distinction et mise en synergie. *Éducation & Didactique*, 12 (2), 111–125. <https://journals.openedition.org/educationdidactique/3400>
- Sensevy G., & Bloor, T. (2020) Cooperative didactic engineering. In S. Lerman (Éd.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 141–145). Dordrecht : Springer.
- Sensevy, G., Blocher, J.-N., Goujon, C., & Forest, D. (à paraître a). Le film d'étude. In B. Albero & J. Thievenaz, *Traité de méthodologie de la recherche en sciences de l'éducation et de la formation*.
- Sensevy, G., Blocher, J.-N., Goujon, C., & Forest, D. (à paraître b). Formes symboliques et systèmes hypermédias : le cas des systèmes hybrides texte-image-son. In B. Albero & J. Thievenaz, *Traité de méthodologie de la recherche en sciences de l'éducation et de la formation*.
- Vilette, B., Fischer, J.-P., Sander, E., Sensevy, G., Quilio, S., & Richard, J.-F. (2017). Peut-on améliorer l'enseignement et l'apprentissage de l'arithmétique au CP ? Le dispositif ACE. *Revue française de pédagogie*, 201, 105–120.

Notice biographique

Gérard Sensevy est professeur émérite de sciences de l'éducation à l'Université de Bretagne occidentale. L'axe principal de ses recherches est l'étude, en didactique, de l'enseignement et de l'apprentissage, et de leurs relations. Ses travaux l'ont amené, au sein d'un collectif national et international, à l'élaboration d'une théorie de l'action conjointe en didactique, qui cherche notamment à lier la didactique à d'autres disciplines des sciences de la culture. Un élément majeur du programme de recherche de ce collectif consiste dans le développement d'*ingénieries coopératives*, au sein desquelles professionnels et chercheurs coopèrent ensemble pour conjointement concevoir et mettre en œuvre des dispositifs.

COURRIEL : GERARD.SENSEVY@INSPE-BRETAGNE.FR

Quelles relations entre le laboratoire et la salle de classe ? L'exemple de l'apprentissage du nombre chez les jeunes enfants

Fanny Gimbert, Karine Mazens

Université Grenoble Alpes

RÉSUMÉ – Le développement des compétences mathématiques et l'apprentissage du concept de nombre chez les jeunes enfants suscite récemment un intérêt croissant à travers le prisme de différentes disciplines, plus ou moins jeunes, notamment les sciences de l'éducation, la psychologie des apprentissages et les neurosciences. Une première partie de cet article présente une synthèse des apports de la psychologie du développement en cognition numérique. Une seconde partie présente des résultats d'études interventionnelles auprès d'élèves, en laboratoire ou à l'école. Les études présentées évaluent l'efficacité de programmes d'intervention mettant en jeu une ou plusieurs compétences mathématiques dont au moins une en lien avec l'apprentissage du concept de nombre. Pour finir, sont présentées certaines initiatives récentes visant à renforcer le lien entre le laboratoire et la salle de classe concernant l'apprentissage des mathématiques.

MOTS CLÉS – mathématiques, nombre, apprentissage, école, intervention

Introduction

Le développement des compétences mathématiques et l'apprentissage du concept de nombre chez les jeunes enfants sont étudiés par les chercheurs

depuis presque un siècle (e.g., Piaget & Szeminska, 1941). Cependant, on constate récemment un intérêt croissant pour cette question à travers le prisme de différentes disciplines, plus ou moins jeunes, notamment les sciences de l'éducation, la psychologie des apprentissages et les neurosciences (e.g., Dowker, 2019). Certaines de ces approches n'envisagent pas nécessairement l'impact des résultats issus de leurs études sur l'enseignement et peuvent se dérouler en laboratoire, parfois à l'école mais dans une salle séparée de la classe tandis que d'autres sont orientées directement vers la pratique d'enseignement et donnent lieu à des études qui se déroulent essentiellement dans les classes. Ce lien plus ou moins direct avec le terrain peut s'expliquer par des objectifs différents : étudier le fonctionnement et le développement cognitif des apprenants *versus* améliorer et évaluer les méthodes d'enseignement et le matériel éducatif (Ansari & Coch, 2006).

Le présent article n'aborde pas toute la pluralité de ces différentes approches car les auteures se limitent à leur domaine d'expertise, celui de la psychologie du développement cognitif et des apprentissages. Une première partie présente une synthèse des apports de la psychologie du développement en cognition numérique. Une seconde partie présente les résultats de travaux ayant donné lieu à la mise en place d'études interventionnelles auprès d'élèves, en laboratoire ou à l'école. Sont appelées « études interventionnelles » les études ayant pour objectif de tester l'efficacité d'une intervention ou d'un programme d'intervention, parfois aussi appelé « entraînement » ou « dispositif pédagogique ». Tous les travaux présentés relèvent de la démarche « evidence-based » (fondée sur la preuve) et cherchent à évaluer l'efficacité de programmes d'intervention (i.e., leurs effets bénéfiques spécifiques) mettant en jeu une ou plusieurs compétences mathématiques dont au moins une en lien avec l'apprentissage du concept de nombre. Pour finir, sont présentées certaines initiatives récentes visant à renforcer le lien entre le laboratoire et la salle de classe concernant l'apprentissage des mathématiques.

L'acquisition du nombre chez le jeune enfant : des premières théories aux travaux actuels

La première approche théorique sur le développement du nombre chez l'enfant a été celle de Piaget et Szeminska (1941) qui s'était focalisée sur la logique du nombre en lien avec le développement des structures logiques de la pensée. Une deuxième approche a été proposée dans les années 1970 par Gelman et Gallistel (1978). C'est alors surtout le fonctionnement de l'enfant qui était étudié, notamment lors d'activités de dénombrement. Les conclusions de ces deux approches diffèrent. Pour Piaget et Szeminska, le nombre en tant que concept n'est compris qu'à partir de l'âge de 7 ans alors que pour

Gelman et Gallistel, l'enfant d'âge préscolaire a déjà une intuition de certains principes fondamentaux du dénombrement.

Ces deux approches théoriques ont donné lieu à de nombreux travaux de recherche pour mieux comprendre les processus mis en œuvre et leur développement (pour des synthèses, voir notamment Bideaud, Meljac, & Fischer, 1991 ; Fayol, 1990). Elles ont aussi eu de nombreuses répercussions dans le domaine scolaire (cf. l'évolution des programmes scolaires en maternelle depuis 1970 en France). Néanmoins, peu d'études ont réellement cherché à évaluer l'efficacité d'entraînements relevant de l'une ou l'autre de ces théories et à les comparer. Parmi elles, l'étude de Clements (1984) a consisté à tester les effets d'un entraînement basé sur les fondements logiques du nombre (activités de classification et sériation) de type piagétien d'une part, et d'un entraînement basé sur les habilités numériques (activités de dénombrement, comptage) d'autre part, auprès d'enfants de 4 ans, durant trois séances d'une demi-heure par semaine pendant huit semaines. Un troisième groupe appelé « contrôle » n'a bénéficié d'aucun entraînement spécifique. Les performances des enfants de ces trois groupes ont été mesurées avant et après les entraînements avec des épreuves piagésiennes de logiques et des tests d'habilités numériques afin de mesurer et comparer l'amplitude des progrès éventuels. Trois résultats ont été observés :

1. une efficacité supérieure pour les deux types de mesures après les deux entraînements par rapport aux résultats du groupe contrôle ;
2. une efficacité supérieure après l'entraînement aux habilités numériques par rapport à l'entraînement de type piagétien seulement pour les tests d'habilités numériques ;
3. une efficacité similaire après les deux entraînements pour les épreuves piagésiennes.

Des recherches complémentaires seront nécessaires pour confirmer ces résultats intéressants chez des enfants plus âgés.

L'acquisition du nombre chez l'enfant fait aujourd'hui l'objet de nombreux travaux et l'état de la connaissance a considérablement évolué depuis une vingtaine d'années (pour une synthèse voir Fayol, 2018). Les changements ne proviennent pas seulement de la psychologie du développement ou de l'éducation, mais aussi d'autres disciplines comme les neurosciences, la neuropsychologie et la psychologie cognitive de l'adulte. Beaucoup de ces travaux sont consacrés à l'étude de la représentation mentale de la quantité. C'est donc sur ce concept de quantité (utilisé ici dans le sens de quantité discrète par opposition à quantité continue) que la présentation ci-dessous se focalise.

Développement de la représentation de la quantité chez le jeune enfant

Des travaux menés chez le nourrisson ont mis en évidence des capacités de discrimination de quantités dès la naissance. Deux systèmes permettent d'appréhender des contenus numériques indépendamment du langage et donc des nombres symboliques (Feigenson, Dehaene, & Spelke, 2004). Le système du nombre approximatif (« ANS » en anglais) permet de représenter les grandes quantités (i.e., > 4) de façon approximative alors que le système d'individuation parallèle (« PIS » en anglais) permet de représenter les petites quantités (i.e., < 4) de manière exacte. L'acuité de l'ANS correspond à la précision avec laquelle deux quantités discrètes (par exemple deux nuages de points) peuvent être discriminées. Cette capacité qui dépend du ratio des deux quantités à comparer augmente avec l'âge de l'enfant. Le PIS permet d'identifier et de poursuivre trois ou quatre entités distinctes en même temps. Il met en œuvre un traitement parallèle des entités et individualise la représentation de chacune de ces entités en mémoire de travail visuelle (Piazza, Fumarola, Chinello, & Melcher, 2011). Ces deux systèmes (ANS et PIS) sont à la base de ce qu'on appelle en cognition numérique le sens du nombre.

Au-delà de l'intérêt pour la recherche fondamentale, ces deux systèmes posent de nombreuses questions quant au rôle qu'ils pourraient jouer dans l'apprentissage des premiers nombres symboliques. En effet, lorsque l'enfant commence à apprendre les premiers mots-nombres, la question se pose de savoir s'il leur associe une quantité, et si oui laquelle. Dans ce cadre, le PIS expliquerait le processus de « subitisation » (*subitizing*) qui permet de déterminer très rapidement et avec exactitude le nombre d'éléments de collections ne dépassant pas quatre entités. L'enfant serait capable de nommer ces petites quantités dès l'âge de 3 ans (Le Corre & Carey, 2007), avec une augmentation des performances entre 4 et 5 ans lorsque la quantité est de 4 (Starkey & Cooper, 1995).

Une question intéressante qui se pose est de savoir quel rôle pourrait jouer la subitisation dans la compréhension de la notion de cardinalité. Benoit, Lehalle, et Jouen (2004) ont montré qu'à l'âge de 3 ans, les enfants parviennent mieux à déterminer la cardinalité d'une petite collection par la subitisation que par le dénombrement. Comprendre la cardinalité à partir du dénombrement nécessite à l'enfant plusieurs années (Le Corre & Carey, 2007). Une étape importante est celle de la capacité à attribuer une valeur cardinale à n'importe quel nombre de la chaîne verbale. L'enfant va devoir notamment comprendre la fonction de successeur (e.g., 5, c'est 4+1). Une autre question concerne les relations qu'entretiennent les représentations précises des quantités au-delà de 4 et les représentations approximatives de ces mêmes quantités. L'état actuel des connaissances ne permet pas encore d'apporter toutes les réponses (Carey, Shusterman, Haward, & Distefano, 2017 ; Gunderson, Spaepen, & Levine, 2015 ; Honoré & Noël, 2016 ; Spae-

pen, Gunderson, Gibson, Goldin-Meadow, & Levine, 2018). Ce qui est certain, c'est que la construction du nombre fait appel à beaucoup plus de processus que ce qui avait été envisagé dans les premières théories du développement (Lautrey, 2018).

Un autre apport important des travaux de ces dernières années concerne la représentation spatiale de la quantité sur une ligne numérique mentale. Les études ont d'abord été menées chez l'adulte. Suite au travail princeps de Moyer et Landauer (1967), différents effets ont été décrits : l'effet de distance (plus deux nombres sont proches, plus nous mettons de temps à les discriminer) et l'effet de taille (pour une différence identique entre deux nombres, les temps de réponse augmentent à mesure que les nombres deviennent plus grands). Un troisième effet lié à la spatialisation a alors été montré : les petits nombres sont associés au côté gauche du corps, et les grands au côté droit (effet SNARC pour *Spatial Numerical Association of Response Codes* ; Dehaene, Bossini, & Giroux, 1993). Le concept de ligne numérique mentale est utilisé afin de décrire l'organisation de la représentation spatiale des quantités et d'expliquer les différents effets observés : les quantités sont alignées et ordonnées sur une droite orientée de gauche à droite, avec une compression des grands nombres.

Ces découvertes ont ensuite donné lieu à des travaux chez l'enfant, notamment par Siegler qui a proposé une épreuve permettant d'évaluer la précision de la représentation spatiale de la quantité (pour une synthèse, voir Siegler, 2016). Cette épreuve consiste à demander à l'enfant de placer un nombre sur une ligne numérique comprenant uniquement les bornes (e.g., ligne de 0 à 100). La différence entre la position réelle du nombre et la position indiquée par l'enfant met en évidence une représentation logarithmique de la magnitude des nombres (entre 0 et 10 pour les enfants d'âge préscolaire, entre 0 et 100 pour les enfants de 5-7 ans, entre 0 et 1000 pour les enfants de 8-10 ans). La représentation de cette ligne devient donc progressivement linéaire avec le développement et l'apprentissage. Cette épreuve permet d'évaluer la qualité de la représentation que l'enfant a de l'amplitude des nombres (i.e., la grandeur, la quantité). Siegler a ensuite cherché à comprendre le rôle que cette représentation pouvait avoir dans les apprentissages. Il a observé un lien entre la qualité de cette représentation (la linéarité) et la réussite en mathématiques, et a conçu des entraînements visant à améliorer cette représentation et les performances en mathématiques.

Représentation de la quantité et réussite en mathématiques

Beaucoup d'études corrélationnelles ont été menées chez les enfants, mettant en lien leurs performances dans des tâches évaluant la représentation de la quantité et leurs performances en mathématiques. La représentation de la quantité peut être évaluée à travers la précision de l'ANS ou la

précision de l'association entre nombres symboliques et quantités. Dans ce dernier cas, les tâches utilisées peuvent être la ligne numérique, la comparaison de deux nombres symboliques (décider le plus rapidement possible lequel de deux nombres est le plus grand) ou l'estimation (associer un nombre symbolique à une quantité d'objets sans les dénombrer). Les résultats de ces études corrélacionnelles ont été regroupés dans trois méta-analyses (Chen & Li, 2014 ; Fazio, Bailey, Thompson, & Siegler, 2014 ; Schneider, *et al.*, 2016) qui permettent d'affirmer qu'il existe bien une relation significative entre la précision de l'ANS et la réussite en mathématiques mais que celle-ci demeure modeste ($r = .20$). Parmi les facteurs qui modulent cette corrélation sont invoqués l'âge des sujets, les tâches et les procédures de codage utilisées pour évaluer la précision de l'ANS et les performances en mathématiques. La méta-analyse de Fazio, *et al.* (2014) met en évidence une différence de corrélation selon l'âge : la corrélation est plus élevée avant l'âge de 6 ans ($r = .40$) qu'après ($r = .17$), c'est-à-dire avant et après le début de l'instruction formelle en mathématiques. Sur les compétences mathématiques évaluées, Libertus, Feigenson, et Halberda (2013) ont montré que chez les enfants de 3 à 7 ans, l'acuité de l'ANS corréle avec les compétences mathématiques informelles (e.g., comptage d'objets, problèmes de calculs verbaux informels) mais pas avec les compétences mathématiques formelles (e.g., maîtrise des faits numériques, compétences en calcul écrit).

La corrélation entre les performances en mathématiques et la représentation de la quantité semble plus élevée lorsque cette représentation est associée aux nombres symboliques. C'est ce qu'indiquent les résultats de la méta-analyse de Schneider, *et al.* (2016). Dans le contexte du système scolaire français, Gimbert, Camos, Gentaz, et Mazens (2019) ont examiné l'importance de la précision de l'ANS et de la précision de la ligne numérique mentale comme prédicteurs de la réussite en mathématiques chez des enfants de 5 ans et 7 ans (i.e., grande section de maternelle et CE1). Les résultats indiquent que la précision de la ligne numérique est un prédicteur important aux deux âges alors que la précision de l'ANS n'est prédicteur qu'à l'âge de 5 ans.

Les études corrélacionnelles ont un intérêt et apportent des réponses à certaines questions, mais elles présentent aussi des limites parce qu'elles ne permettent pas de déterminer s'il existe un lien causal entre les variables mises en relation. Observer une corrélation entre deux variables permet d'émettre des hypothèses sur les mécanismes sous-jacents pouvant être communs. Pour s'assurer d'un lien de causalité, il est cependant nécessaire d'agir sur l'une de ces variables pour voir si l'on observe un effet sur l'autre. Certaines études vont alors chercher à répondre à cette question du lien causal en mesurant les effets d'entraînement. Dans ce qui suit, nous nous demanderons si entraîner la représentation de la quantité permet de la rendre plus précise et si cela se répercute sur la réussite en mathématiques.

Des études interventionnelles

Les « études interventionnelles » suivent le plus souvent les principes de la méthode expérimentale, avec un prétest et un ou plusieurs posttests (immédiat et après quelques mois pour examiner les effets à long terme), un ou plusieurs groupes contrôle (passif, i.e. sans entraînement ou actif, i.e. avec un autre entraînement spécifique), une répartition aléatoire des sujets dans les différents groupes et des variables de contrôle. Dans cette partie, seront d'abord présentées des études interventionnelles directement dans la lignée des travaux mentionnés ci-dessus, visant à entraîner une compétence spécifique afin d'étudier de potentiels liens de causalité. Ensuite seront présentées quelques études chez le jeune enfant, destinées à évaluer l'efficacité de programmes d'intervention mettant en jeu plusieurs compétences mathématiques. Ces études sont plus éloignées des travaux détaillés ci-dessus mais elles visent aussi l'apprentissage du concept de nombre et s'appuient sur certains éléments issus de ces travaux. De plus, elles sont plus proches de la classe car conçues pour améliorer la pratique d'enseignement (pour une revue des études interventionnelles en numératie menées auprès d'enfants entre 4 et 7 ans, voir la méta-analyse de Nelson & McMaster, 2019 ; pour une revue des études interventionnelles en mathématiques auprès d'enfants entre 5 et 11 ans, voir la méta-analyse de Pellegrini, Lake, Neitzel, & Slavin, 2021).

Des études qui visent à entraîner une compétence spécifique

Une première série d'études, peu nombreuses, se sont intéressées à l'entraînement de l'ANS, indépendamment des nombres symboliques. L'ensemble des résultats obtenus aujourd'hui laisse penser que même s'il est possible d'augmenter la précision de l'ANS, le transfert sur la réussite en mathématiques est assez limité (Qiu, Chen, Wan, & Bailey, 2020 ; Szűcs & Myers, 2017).

Une deuxième série d'études a cherché à entraîner le lien entre les nombres symboliques et la quantité que ces nombres représentent (pour des revues, voir De Smedt, Noël, Gilmore, & Ansari, 2013 ; Libertus, 2019 ; Ramani, Daubert, & Scalise, 2019). Ces types d'entraînement semblent produire des résultats positifs et peuvent être intégrés dans des programmes d'intervention en milieu scolaire. L'entraînement peut porter directement sur la ligne numérique mentale. Siegler (2016) a montré qu'il est possible d'améliorer la précision de la ligne numérique mentale, ce qui signifie que cette représentation est malléable. De plus, ces entraînements proposés aux enfants, en lien avec la ligne, avaient un effet sur d'autres compétences numériques telles que le comptage, la comparaison de nombres, l'identification de nombres, l'arithmétique. L'entraînement consistait à faire jouer les enfants à un jeu de plateau linéaire (adapté du jeu de l'oie). Une raison pouvant expliquer l'effi-

cacité de ce jeu est que son support matériel, qui représente les grandeurs des nombres, présente une analogie directe avec la ligne numérique mentale orientée horizontalement de gauche à droite. Les relations linéaires entre les grandeurs numériques et les indices kinesthésiques, auditifs, visuo-spatiaux et temporels impliqués au cours du jeu, fournissent une large base multimodale pour une représentation linéaire des grandeurs numériques. Le nombre de mouvements avec le pion, le nombre de mots-nombres récités, la distance parcourue sont en lien avec la grandeur des nombres. Les conditions dans lesquelles ce jeu est le plus efficace ont été précisées dans différentes études (Siegler, 2016). Il est notamment possible d'utiliser ce jeu en classe en petits groupes. Ce jeu de plateau est facile à réaliser avec du carton, des pions et un dé. L'entraînement se basant sur la ligne numérique mentale a également donné lieu à des versions un peu différentes de celle de Siegler : des versions informatisées et entraînant parfois d'autres processus que ceux liés à la ligne (e.g., Honoré & Noël, 2016 ; Vilette, 2016).

Parmi les études visant à évaluer l'efficacité d'entraînements basés sur l'association nombre symbolique–quantité, peu ont été menées avec des exercices autres que ceux basés sur la ligne numérique mentale. Maertens, De Smedt, Sasanguie, Elen, et Reynvoet (2016) ont observé qu'entraîner des enfants de 5 ans à comparer des nombres symboliques avait la même efficacité sur les performances en arithmétiques, qu'entraîner les enfants à placer des nombres sur la ligne numérique mentale. Ces entraînements étaient réalisés à partir d'un jeu présenté sur tablette numérique, lors de six séances de 10 minutes.

Les études évaluant les effets d'entraînement d'une compétence permettent d'obtenir une analyse précise des processus mis en jeu dans un apprentissage. Leurs résultats peuvent ensuite être pris en compte pour construire des programmes d'intervention « plus proches de la classe », dont l'efficacité est évaluée en milieu scolaire, et qui ont souvent pour but de mieux lutter contre l'échec scolaire ultérieur en mathématiques. C'est notamment pour construire ces programmes qu'un travail collaboratif entre chercheurs d'une part, et enseignants d'autre part, est indispensable.

Construire et évaluer des programmes d'intervention pour la classe : quelques points de vigilance

Conceptualiser, créer, implémenter et « mettre à l'échelle » un programme d'intervention nécessite de suivre une démarche de recherche et développement claire pour qu'il ne soit pas juste « basé sur » ou « validé par » la recherche mais qu'il ait été construit, affiné et évalué rigoureusement (Sarama & Clements, 2019). Une première étape consiste à prendre en compte les apports de diverses disciplines pour proposer un programme réunissant les

meilleures conditions possibles pour faciliter l'apprentissage visé. Certains courants de recherche en sciences de l'éducation ont d'ailleurs pour objectif principal d'identifier toutes sortes de facteurs pouvant influencer significativement l'apprentissage des élèves. Il s'agit notamment des travaux sur l'efficacité de l'enseignement (pour une revue voir Muijs, *et al.*, 2014). La synthèse de ces travaux, la plus connue, et sans doute la plus complète, est celle de Hattie (2009, 2017). Elle regroupe les résultats d'environ 900 méta-analyses (portant sur plus de 50 000 articles scientifiques) à propos de l'impact de différents facteurs (150) sur le rendement scolaire des élèves, i.e., les acquisitions des élèves. Dans ce travail, la taille moyenne d'un facteur est de 0,40 et le premier facteur « prédictions/attentes des élèves » a une taille de 1,44. Ces facteurs sont regroupés en fonction de ce à quoi ils se rapportent : l'élève, l'enseignant, l'enseignement, le contexte familial, le programme scolaire, etc. Cette synthèse met en évidence l'impact important de certaines pratiques d'enseignement sur les acquisitions scolaires en général, telles que la présentation d'objectifs d'apprentissage clairs, l'usage de modèles, de feedbacks réguliers sur le travail des élèves ou encore d'un guidage important des élèves. Ces résultats ne sont pas spécifiques à l'apprentissage des mathématiques.

Une fois les apports issus de différentes disciplines regroupés, une première version du programme est conçue en les prenant en compte au mieux, puis, des études pilotes peuvent être réalisées pour évaluer l'adéquation du programme aux élèves et l'améliorer grâce aux retours des enseignants et à des observations réalisées en classe. Le programme sera ainsi testé auprès d'un petit groupe d'élèves, puis d'une classe entière, puis de plusieurs classes avant de passer éventuellement à une évaluation dite « à grande échelle ». Dans cette démarche, afin de faciliter le passage des connaissances issues de la recherche à la pratique d'enseignement, il nous semble important d'accorder une attention particulière à trois points que nous développons ci-dessous.

Un premier point de vigilance concerne la manière d'impliquer les enseignants. Les séances d'un programme d'intervention testé dans une étude peuvent être menées par des chercheurs ou par les enseignants eux-mêmes, après avoir été formés au préalable par les chercheurs. Cette dernière solution est souvent vue comme celle qui faciliterait le plus le passage des connaissances issues de la recherche à la pratique d'enseignement puisqu'elle implique directement les enseignants. Cependant, Bryk (2015) fait remarquer que dans ces études, les enseignants sont souvent considérés uniquement comme des exécutants, des récepteurs passifs de connaissances, sans implication dans la construction du programme d'intervention. Or, comme le souligne Bressoux (2017), les enseignants disposent d'une connaissance pratique, provenant de leur expérience dans le métier, que les chercheurs ne possèdent généralement pas. Mettre en commun ces connaissances avec celles dont disposent les chercheurs pour construire des programmes d'intervention est donc un moyen de relier les apports de la pratique d'ensei-

gnement aux apports de la recherche afin de proposer des programmes plus adaptés à la réalité de la classe et donc, par la suite, des programmes vraisemblablement plus utilisés par les enseignants.

Un second point de vigilance important concerne la qualité de l'implémentation du programme d'intervention testé (Cai, *et al.*, 2017). Plusieurs raisons peuvent expliquer qu'une étude ne permette pas de conclure à l'efficacité d'un programme : ces raisons peuvent être liées au programme lui-même ou à la manière de le mettre en œuvre dans les classes – c'est ce qu'on appelle l'implémentation. Une implémentation de qualité est une implémentation ayant permis au programme d'être mis en place avec fidélité, c'est-à-dire tel qu'il avait été imaginé par ses concepteurs (O'Donnell, 2008 ; voir Bressoux, 2017 pour une discussion plus complète sur les raisons pouvant être à l'origine d'une implémentation de mauvaise qualité). L'étude des conditions favorisant la bonne qualité de l'implémentation d'un programme d'intervention fait l'objet d'un champ de recherche spécifique, étudié surtout dans le domaine de la santé et désormais aussi appliqué en éducation (Kelly & Perkins, 2012). Un point intéressant concerne la manière de former les personnes qui seront en charge de mettre en place le programme d'intervention. Les études montrent que fournir seulement des informations écrites, sous la forme de guides par exemple, sans y associer un suivi par des formateurs, n'est pas une pratique conduisant à une implémentation de bonne qualité (Fixsen, *et al.*, 2005). Il semblerait aussi que le temps et l'expérience acquise par les enseignants avec le programme d'intervention soient importants pour permettre une implémentation de qualité (e.g., James-Burdumy, *et al.*, 2012). Un autre versant des travaux sur l'implémentation s'intéresse aux outils destinés à mesurer la qualité de l'implémentation du programme d'intervention. Il s'agit de questionnaires, d'entretiens avec les enseignants, d'observations directes en classe ou à partir de vidéos, permettant de rendre compte de l'adhésion de l'enseignant et des élèves au programme ainsi que de la fidélité aux caractéristiques clés du programme (Swanson, Wanzek, Haring, Ciullo, & McCulley, 2011).

Un troisième point de vigilance concerne la prise en compte de la variation du contexte d'implémentation du programme. Une fois qu'un programme d'intervention a été conçu, testé en classe et évalué, l'objectif suivant est de faire en sorte qu'il soit utilisé par les enseignants. Pour ce faire, il est nécessaire qu'il puisse être utilisable dans différents contextes sans que son efficacité ne soit significativement affectée. Une critique formulée à l'encontre des résultats issus de l'évaluation de programmes d'intervention est un manque d'information à propos de la variation d'efficacité en fonction du contexte (Bryk, 2015). Ces variations peuvent être liées par exemple à des différences culturelles entre pays ou encore à la marge de manœuvre laissée aux enseignants pour mener les séances. Ainsi, lorsque l'enseignant souhaite appliquer un programme reconnu comme étant efficace dans sa classe, il se retrouve face à des questions sans réponse, telles que : « est-ce aussi efficace

auprès d'élèves de milieux socioculturels différents ? », « est-ce aussi efficace lorsque les élèves travaillent en groupes ? », « lorsque je les guide plus ? ».

Dans la partie suivante, quelques études sont présentées pour illustrer la diversité des programmes d'intervention visant à favoriser l'apprentissage du concept de nombre chez les jeunes enfants. Ces études abordent notamment différentes manières d'impliquer les enseignants et de vérifier la qualité de l'implémentation du programme. Certaines études sont aussi des tentatives pour prendre en compte la question de la variation potentielle d'efficacité d'un programme en fonction de son contexte.

Des études qui évaluent l'efficacité de programmes mettant en jeu plusieurs compétences en milieu scolaire

Sous forme de tutorat

Une première forme d'intervention consiste à implémenter un tutorat dans le cadre scolaire. Ces séances sont souvent menées individuellement avec l'enfant ou en petits groupes par des tuteurs extérieurs à l'école, et s'ajoutent donc au programme habituel mené par les enseignants. L'entraînement est assez intensif (plusieurs séances par semaine pendant plusieurs semaines). Pour illustrer cette démarche, on peut évoquer l'étude de Jordan, Glutting, Dyson, Hassinger-Das, et Irwin (2012) qui a testé l'efficacité d'une intervention appelée « sens du nombre » auprès d'enfants de maternelle présentant des risques élevés d'échec scolaire. Ici, le terme « sens du nombre » signifie la compréhension du nombre et des opérations, comme savoir que chaque nombre dans la séquence de comptage est toujours un de plus que celui qui se situe juste avant et un de moins que le nombre qui se vient juste après. Les activités implémentées renvoient donc à différentes compétences jugées importantes pour la réussite des enfants en mathématiques. Elles suivent les normes établies par l'État (étude menée aux États-Unis) sur ce que les enfants doivent apprendre par niveau scolaire et s'appuient sur les résultats de la recherche sur le développement de l'enfant en cognition numérique. De très nombreuses activités variées ont été proposées aux enfants : subitisation, ligne numérique, utilisation des doigts, relations partie-tout, résolution de problèmes, etc. Les interventions ont été faites par des instructeurs extérieurs à l'école avec des petits groupes de quatre enfants. Les instructeurs ont reçu une formation spécifique pour mener les interventions auprès des élèves, sous la forme de réunions hebdomadaires dans lesquelles ils apprenaient notamment à utiliser correctement le matériel des leçons, intégrer des gestes, maintenir l'engagement et l'attention de l'élève. Ensuite, pour évaluer la qualité de l'implémentation du programme, trois séances de chaque instructeur ont été enregistrées : au début, au milieu et à la fin du programme, puis comparées aux scripts des leçons. La progression des enfants entre le prétest

et plusieurs posttests a été comparée à celles de deux autres groupes : un qui suivait le programme scolaire habituel et un dont l'intervention portait sur le langage. Les résultats ont mis en évidence une efficacité de l'intervention avec un maintien des progrès encore huit semaines après l'intervention.

Avec des enfants un peu plus âgés, Fuchs, *et al.* (2013) ont comparé différents groupes d'enfants et différents types d'entraînement. Les enfants âgés de 6 ans étaient ou non qualifiés à risque d'échec scolaire ultérieur en fonction de leurs performances en mathématiques à l'entrée à l'école élémentaire. Le tutorat implémenté consistait, d'une part, à enseigner aux enfants de façon explicite les connaissances fondamentales se rapportant au nombre et au calcul (partie commune pour tous les groupes qui participaient à l'intervention), et d'autre part, à faire pratiquer aux enfants ce qui avait été appris dans la première phase. Deux conditions différentes ont été comparées, l'une dite non accélérée s'appuyant sur les stratégies enseignées, et l'autre dite accélérée censée favoriser la formation de représentations en mémoire à long terme. En pré- et posttests, les enfants ont été évalués non seulement sur des épreuves mathématiques mais aussi sur des épreuves évaluant leurs compétences cognitives générales (ex : QI, MT, attention, compréhension, raisonnement). Les résultats de cette étude apportent de nombreuses informations, non seulement sur l'efficacité de l'intervention, mais aussi sur les compétences mathématiques qui sont plus ou moins faciles à entraîner, sur le type d'intervention qui permet de compenser certaines capacités générales faibles, sur le fait que l'intervention puisse permettre ou non de rattraper le niveau des enfants non à risque.

Ce type d'étude permet de mieux comprendre les déficits des enfants à risque et ce qu'il faut privilégier au niveau de l'apprentissage. En revanche, les enseignants sont peu impliqués et généraliser ce type de tutorat pour une population plus large est très coûteux en moyens humains, et semble donc difficilement applicable.

Sous forme de séquence d'apprentissage en classe

Une seconde forme d'intervention consiste à demander à des enseignants de mettre en place un programme d'apprentissage s'adressant à tous les élèves de leur classe. Ce programme peut se dérouler sur une période assez courte correspondant à la durée d'une séquence, ou bien sur des périodes plus longues, jusqu'à une ou plusieurs années scolaires entières. Nous illustrons ce type d'intervention par trois exemples de programmes menés dans des contextes différents et évalués à différentes échelles.

Klein, *et al.* (2008, 2019) ont élaboré un programme destiné à compenser le faible niveau de connaissances mathématiques informelles de jeunes enfants de 3–4 ans provenant de milieu défavorisé aux États-Unis. L'objectif était de favoriser le développement des compétences mathématiques qui avaient été identifiées dans les recherches portant sur l'ontogenèse de

la représentation de la quantité. Sur le nombre, ce programme comprenait notamment des activités de dénombrement, de production de la cardinalité d'une série d'objets, d'utilisation de la ligne numérique. Les séances ont été réalisées dans la classe par petits groupes d'élèves, sur une année scolaire. Les enseignants ont participé à deux formations de quatre jours centrées sur le programme, puis ils ont été suivis deux fois par mois par un coordinateur. Ce dernier a aussi eu pour rôle d'évaluer la fidélité de l'implémentation à partir d'observations faites en classe. L'efficacité de ce programme a été comparée à l'efficacité du programme habituel. Une originalité de cette étude était d'avoir associé les parents dans la réalisation du programme. Les compétences travaillées à l'école étaient complétées par des activités menées à la maison par les parents avec leur enfant. Les résultats ont mis en évidence un impact positif de l'intervention avec des effets différentiels en fonction du niveau initial des élèves (les élèves les plus faibles en prétest, dans le groupe intervention, rattrapent difficilement au posttest le niveau des élèves moins faibles dans le groupe programme habituel).

Concernant la question de la prise en compte du contexte socioculturel, Aunio (2019) a initié des travaux dans différents pays. Les programmes d'intervention élaborés ont d'abord fait l'objet d'évaluation en Finlande (Mononen & Aunio, 2014), puis ont ensuite été testés en Afrique du Sud (Aunio, Korhonen, Ragpot, Törmänen, & Henning, 2021) et sont en cours d'évaluation en Norvège. Le contenu des programmes s'appuie notamment sur les résultats de la recherche en cognition numérique et met en jeu quatre facteurs numériques fondamentaux : le sens du nombre symbolique et non symbolique, la compréhension des relations mathématiques, les compétences de comptage et les compétences de base en arithmétique. Le matériel utilisé dans le programme ThinkMath, plus particulièrement destiné aux enfants ayant de faibles performances en mathématiques, est disponible en accès libre pour les enseignants.

À plus grande échelle, le programme Mathematics Mastery (Vignoles, Jerrim, & Cowan, 2015) s'adresse à des élèves de 1^{re} année (6–7 ans) issus de milieux sociaux défavorisés au Royaume-Uni et a pour objectif de leur apporter une compréhension solide du nombre en s'assurant que les élèves maîtrisent en profondeur un contenu avant de passer au suivant. Le programme insiste notamment sur les différentes représentations des nombres et la connexion entre elles. Quarante-vingt-dix classes ont participé à l'évaluation de ce programme : quarante-cinq participaient au programme et quarante-cinq continuaient la classe comme habituellement (ces dernières participaient au programme l'année suivante), et ce pendant une année. Pour se familiariser avec le programme en amont de son déploiement, les enseignants, les conseillers pédagogiques en mathématiques et leurs supérieurs hiérarchiques assistaient à un ou deux jours de formation. Par la suite, les enseignants bénéficiaient de deux visites à l'école dans l'année d'un membre de l'organisation du programme, de trois réunions de travail entre écoles

et d'un accès en ligne à des outils pour continuer la formation. Ils étaient aidés dans la mise en pratique quotidienne des principes grâce à des « plans de cours », qu'ils adaptaient aux besoins de leur classe à partir de la boîte à outils en ligne. Les enseignants travaillaient également en collaboration avec Mathematics Mastery pour améliorer le programme lui-même d'année en année. Les résultats de l'étude évaluant son efficacité ont montré que les élèves ayant suivi le programme Mathematics Mastery progressaient légèrement plus dans un test de connaissance des nombres que ceux ne l'ayant pas suivi, mais cette différence n'est pas statistiquement significative et pourrait donc aussi bien s'expliquer par le hasard. Cette absence de résultats statistiquement significatifs dans les études à grande échelle n'est pas un cas isolé et n'est pas spécifique aux programmes portant sur l'apprentissage des mathématiques. Comprendre pourquoi certains programmes dont l'efficacité a été montrée à petite échelle ne parviennent pas à montrer les mêmes résultats positifs à grande échelle constitue actuellement un défi pour les chercheurs intéressés par l'éducation et les apprentissages scolaires (voir par exemple l'étude de James-Burdumy, *et al.*, 2012 aux États-Unis, ou de Gentaz, *et al.*, 2013 en France, au sujet de programmes d'intervention testés à grande échelle en lecture).

Conclusion et perspectives

Les différentes disciplines s'intéressant à l'apprentissage du nombre ont au départ des objectifs très différents. Les études en psychologie du développement cherchent à identifier et isoler des processus permettant de comprendre comment la connaissance se construit avec l'âge de l'enfant alors que les études qui élaborent, implémentent et évaluent des programmes d'intervention cherchent à améliorer l'enseignement des mathématiques. Chacune de ces approches ne peut à elle seule répondre aux différentes questions qui se posent sur l'apprentissage du nombre. Les résultats issus des études de psychologie ne permettent pas directement de construire un programme d'intervention. À l'opposé, les études interventionnelles ne peuvent pas se passer de prendre en compte les connaissances sur le développement de l'enfant pour élaborer le contenu de l'intervention. Les études interventionnelles présentées dans l'article illustrent la complémentarité de ces différentes approches dans la mesure où elles intègrent dans leurs entraînements, d'une part des compétences cognitives jugées fondamentales pour la construction du nombre, et d'autre part des gestes d'enseignement et des conditions d'implémentation reconnus comme étant efficaces. Dans le présent article, toutes les disciplines s'intéressant à l'apprentissage du nombre chez le jeune enfant n'ont pas été abordées. C'est le cas notamment de la didactique des mathématiques dont les apports permettent de mieux analyser l'objet d'étude, ici le concept de nombre (e.g., Gardes, Croset, Courtier, & Prado, dans ce même

numéro) et d'élaborer des situations didactiques favorables à l'apprentissage (e.g., Margolinas & Wozniak, 2012).

Améliorer le passage du laboratoire à la salle de classe ou plus largement le lien « recherche-terrain » nécessite une communication claire des résultats issus de la recherche au grand public et en particulier aux enseignants. Au niveau international, plusieurs acteurs intéressés par l'éducation proposent de synthétiser des informations issues de la recherche afin de plus facilement les communiquer aux enseignants et aux parents d'élèves. Parmi les synthèses les plus avancées, on compte les informations communiquées par the Education Endowment Foundation (EEF)¹, au Royaume-Uni, un organisme associé au Département de l'éducation, et par What Works Clearinghouse², organisation faisant partie de l'Institut des sciences de l'éducation, siégeant au sein du Département américain de l'éducation. Afin de plus clairement communiquer, aux enseignants notamment, ce qui peut être considéré comme des « connaissances issues de la recherche » robustes et ce qui doit encore faire l'objet de travaux, certains chercheurs ou organismes ont par ailleurs proposé de classer les recherches en fonction du niveau de preuves qu'elles permettaient d'apporter. Ainsi, l'EEF propose sur son site la description d'une quarantaine de programmes d'interventions en mathématiques en précisant le niveau de sécurité associé à l'évaluation de leur efficacité (Education Endowment Foundation, 2019).

Ces dernières années, l'apparition de plusieurs initiatives, telles que la création de la Mathematical Cognition and Learning Society en 2015 ou encore la rédaction d'un agenda de recherche collectif (Alcock, *et al.*, 2016) dont un des six objectifs est de concevoir des interventions efficaces, laisse à penser que les chercheurs intéressés par la cognition numérique et les apprentissages en mathématiques tentent de structurer et d'organiser leurs travaux afin de pouvoir constituer un ensemble de connaissances robustes et de les rendre utilisables pour construire des programmes pour la classe. Cette tendance se traduit par des collaborations entre différentes équipes de recherche intéressées par les apprentissages en mathématiques (e.g., Bartolini Bussi & Sun, 2018) ainsi que par des publications récentes telles que l'ouvrage *Cognitive foundations for improving mathematical learning* (Geary, Berch, & Koepke, 2019), ou encore, en français, l'ouvrage *Psychologie cognitive des apprentissages scolaires* (Ferrand, Lété, & Thevenot, 2018), et le numéro spécial de la revue ANAE « L'arithmétique cognitive : de la recherche aux interventions » (Thevenot & Fayol, 2018).

1. <https://educationendowmentfoundation.org.uk/>

2. <https://ies.ed.gov/ncee/wwc/FWW>

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alcock, L., Ansari, D., Batchelor, S., Bisson, M.-J., De Smedt, B., Gilmore, C... & Weber, K. (2016). Challenges in mathematical cognition : A collaboratively-derived research agenda. *Journal of Numerical Cognition*, 2(1), 20–41.
- Ansari, D., & Coch, D. (2006). Bridges over troubled waters : Education and cognitive neuroscience. *Trends in cognitive sciences*, 10(4), 146–151.
- Aunio, P. (2019). Early numeracy skills learning and learning difficulties. Evidence-based assessment and interventions. In D.C. Geary, D.B. Berch & K.M. Koepke (Éds.), *Cognitive Foundations for Improving Mathematical Learning* (5, pp. 195–214). Cambridge, MA : Academic Press.
- Aunio, P., Korhonen, J., Ragpot, L., Törmänen, M., & Henning, E. (2021). An early numeracy intervention for first-graders at risk for mathematical learning difficulties. *Early Childhood Research Quarterly*, 55, 252–262.
- Bartolini Bussi, M., & Sun X.H. (2018) *Building the foundation : Whole numbers in the primary grades*. Cham, Suisse : Springer Open.
- Benoit, L., Lehalle, H., & Jouen, F. (2004). Do young children acquire number words through subitizing or counting ? *Cognitive Development*, 19(3), 291–307.
- Bideaud, J., Meljac, C., & Fischer, J. (1991). *Les chemins du nombre*. Lille : Presses universitaires de Lille.
- Bressoux, P. (2017). Practice-based research : une aporie et des espoirs. Une revue critique de l'article d'Anthony S. Bryk. *Éducation et Didactique*, 11(3), 123–134.
- Bryk, A.S. (2015). Accelerating how we learn to improve. *Educational Researcher*, 44(9), 467–477.
- Cai, J., Morris, A., Hohensee, C., Hwang, S., Robison, V., & Hiebert, J. (2017). Making classroom implementation an integral part of research. *Journal for Research in Mathematics Education*, 48(4), 342–347.
- Carey, S., Shusterman, A., Haward, P., & Distefano, R. (2017). Do analog number representations underlie the meanings of young children's verbal numerals ? *Cognition*, 168, 243–255.
- Chen, Q., & Li, J. (2014). Association between individual differences in non-symbolic number acuity and math performance : A meta-analysis. *Acta Psychologica*, 148, 163–172.
- Clements, D.H. (1984). Training effects on the development and generalization of Piagetian logical operations and knowledge of number. *Journal of Educational Psychology*, 76(5), 766–776.
- De Smedt, B., Noël, M.-P., Gilmore, C., & Ansari, D. (2013). How do symbolic and non-symbolic numerical magnitude processing skills relate to individual differences in children's mathematical skills ? A review of evidence from brain and behavior. *Trends in Neuroscience and Education*, 2(2), 48–55.
- Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology : General*, 122(3), 371–396.

- Dowker, A. (2019). Foreword : Cognitive foundations for improving mathematical learning. In D.C. Geary, D.B. Berch & K.M. Koepke (Éds.), *Cognitive foundations for improving mathematical learning* (5, pp. xiii-xx). Cambridge, MA : Academic Press.
- Education Endowment Foundation (2019). *Classification of the security of findings from EEF evaluations*. Repéré à <https://educationendowmentfoundation.org.uk>
- Fayol, M. (1990). *L'enfant et le nombre : du comptage à la résolution de problèmes*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- Fayol, M. (2018). *L'acquisition du nombre* (3^e éd.). Paris : PUF.
- Fazio, L.K., Bailey, D.H., Thompson, C.A., & Siegler, R.S. (2014). Relations of different types of numerical magnitude representations to each other and to mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, 123, 53–72.
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(7), 307–314.
- Ferrand, L., Lété, B., & Thevenot, C. (2018). *Psychologie cognitive des apprentissages scolaires. Apprendre à lire, écrire, compter*. Paris : Dunod.
- Fixsen, D.L., Naoom, S.F., Blase, K.A., Friedman, R.M., Wallace, F., Burns, B... & Barwick, M. (2005). *Implementation research : A synthesis of the literature*. Tampa, FL : University of South Florida.
- Fuchs, L. S., Geary, D.C., Compton, D.L., Fuchs, D., Schatschneider, C., Hamlett, C. L... & Changas, P. (2013). Effects of first-grade number knowledge tutoring with contrasting forms of practice. *Journal of Educational Psychology*, 105(1), 58–77.
- Gardes, M.-L., Croset M.-C., Courtier, P., & Prado, J. (2021). Comment la didactique des mathématiques peut-elle informer l'étude de la cognition numérique ? L'exemple d'une étude collaborative autour de la pédagogie Montessori à l'école maternelle. *Raisons éducatives*, 25, 243–266. <https://doi.org/10.3917/raised.025.0243>
- Geary, D.C., Berch, D.B., & Koepke, K.M. (2019). *Cognitive foundations for improving mathematical learning*. Cambridge, MA : Academic Press.
- Gelman, R., & Gallistel, C. (1978). *The child's understanding of number*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Gentaz, E., Sprenger-Charolles, L., Colé, P., Theurel, A., Gurgand, M., Huron, C., Rocher, T., & Le Cam, M. (2013). Évaluation quantitative d'un entraînement à la lecture à grande échelle pour des enfants de CP scolarisés en réseaux d'éducation prioritaire : apports et limites. *ANAE*, 123, 172–181.
- Gimbert, F., Camos, V., Gentaz, E., & Mazens, K. (2019). What predicts mathematics achievement ? Developmental change in 5-and 7-year-old children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 178, 104–120.
- Gunderson, E.A., Spaepen, E., & Levine, S.C. (2015). Approximate number word knowledge before the cardinal principle. *Journal of Experimental Child Psychology*, 130, 35–55.

- Hattie, J. (2009). *Visible learning : A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Londres : Routledge.
- Hattie, J. (2017). *L'apprentissage visible pour les enseignants*. Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Honoré, N., & Noël, M.-P. (2016). Improving preschoolers' arithmetic through number magnitude training : The impact of non-symbolic and symbolic training. *Plos One*, 11(11), e0166685. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166685>
- James-Burdumy, S., Deke, J., Gersten, R., Lugo-Gil, J., Newman-Gonchar, R., Dimino, J., Haymond, K., & Yung-Hsu Liu, A. (2012). Effectiveness of four supplemental reading comprehension interventions. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 5, 345–383.
- Jordan, N.C., Glutting, J., Dyson, N., Hassinger-Das, B., & Irwin, C. (2012). Building kindergartners' number sense : A randomized controlled study. *Journal of Educational Psychology*, 104(3), 647–660.
- Kelly, B., & Perkins, D.F. (2012). *Handbook of implementation science for psychology in education*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Klein, A., Starkey, P., Clements, D., Sarama, J., & Iyer, R. (2008). Effects of a pre-kindergarten mathematics intervention : A randomized experiment. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 1(3), 155–178.
- Klein, A., Starkey, P., & DeFlorio, L. (2019). Improving the mathematical knowledge of at-risk preschool children : Two approaches to intensifying early math intervention. In D. C. Geary, D.B. Berch & K.M. Koepke (Éds.), *Cognitive foundations for improving mathematical learning* (vol. 5, pp. 215–245). Cambridge, MA : Academic Press.
- Lautrey, J. (2018). Cognitive development is a reconstruction process that may follow different pathways : The case of number. *Journal of Intelligence*, 6(15), 1–20.
- Le Corre, M., & Carey, S. (2007). One, two, three, four, nothing more : An investigation of the conceptual sources of the verbal counting principles. *Cognition*, 105(2), 395–438.
- Libertus, M.E. (2019). Understanding the link between the approximate number system and math abilities. In D.C. Geary, D.B. Berch & K.M. Koepke (Éds.), *Cognitive foundations for improving mathematical learning* (5, pp. 91–106). Cambridge, MA : Academic Press.
- Libertus, M.E., Feigenson, L., & Halberda, J. (2013). Numerical approximation abilities correlate with and predict informal but not formal mathematics abilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 116(4), 829–838.
- Maertens, B., De Smedt, B., Sasanguie, D., Elen, J., & Reynvoet, B. (2016). Enhancing arithmetic in pre-schoolers with comparison or number line estimation training : Does it matter ? *Learning and Instruction*, 46, 1–11.
- Margolinas, C., & Wozniak, F. (2012). *Le nombre à l'école maternelle : une approche didactique*. Bruxelles : De Boeck.

- Mononen, R., & Aunio, P. (2014). A Mathematics intervention for low-performing Finnish second graders : Findings from a pilot study. *European Journal of Special Needs Education*, 29(4), 457–473.
- Moyer, R.S., & Landauer, T.K. (1967). Time required for judgements of numerical inequality. *Nature*, 215, 1519–1520.
- Muijs, D., Kyriakides, L., van der Werf, G., Creemers, B., Timperley, H., & Earl, L. (2014). State of the art – teacher effectiveness and professional learning. *School Effectiveness and School Improvement*, 25(2), 231–256.
- Nelson, G., & McMaster, K.L. (2019). The effects of early numeracy interventions for students in preschool and early elementary : A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 111(6), 1001–1022.
- O'Donnell, C.L. (2008). Defining, conceptualizing, and measuring fidelity of implementation and its relationship to outcomes in K–12 curriculum intervention research. *Review of Educational Research*, 78(1), 33–84.
- Pellegrini, M., Lake, C., Neitzel, A., & Slavin, R.E. (2021). Effective programs in elementary mathematics : A meta-analysis. *American Educational Research Association Open*, 7(1). <https://doi.org/10.1177/2332858420986211>
- Piaget, J., & Szeminska, A. (1941). *La genèse du nombre chez l'enfant*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Piazza, M., Fumarola, A., Chinello, A., & Melcher, D. (2011). Subitizing reflects visuo-spatial object individuation capacity. *Cognition*, 121(1), 147–153.
- Qiu, K., Chen, E., Wan, S., & Bailey, D.H. (2020, 10 décembre). A multilevel meta-analysis on the causal effect of ANS training on symbolic math performance. <https://doi.org/10.31234/osf.io/z7km2>
- Ramani, G.B., Daubert, E.N., & Scalise, N.R. (2019). Role of play and games in building children's foundational numerical knowledge. In D.C. Geary, D.B. Berch & K.M. Koepke (Éds.), *Cognitive foundations for improving mathematical learning* (5, pp. 69–90). Cambridge, MA : Academic Press.
- Sarama, J., & Clements, D.H. (2019). From cognition to curriculum to scale. In D. C. Geary, D.B. Berch & K.M. Koepke (Éds.), *Cognitive foundations for improving mathematical learning* (5, pp. 143–173). Cambridge, MA : Academic Press.
- Schneider, M., Beeres, K., Coban, L., Merz, S., Schmidt, S.S., Stricker, J., & De Smedt, B. (2016). Associations of non-symbolic and symbolic numerical magnitude processing with mathematical competence : A meta-analysis. *Developmental Science*, 20(3), 1–16.
- Siegler, R.S. (2016). Magnitude knowledge : The common core of numerical development. *Developmental Science*, 19(3), 341–361.
- Spaepen, E., Gunderson, E.A., Gibson, D., Goldin-Meadow, S., & Levine, S.C. (2018). Meaning before order : Cardinal principle knowledge predicts improvement in understanding the successor principle and exact ordering. *Cognition*, 180, 59–81.
- Starkey, P., & Cooper Jr, R.G. (1995). The development of subitizing in young children. *British Journal of Developmental Psychology*, 13(4), 399–420.

- Swanson, E., Wanzek, J., Haring, C., Ciullo, S., & McCulley, L. (2011). Intervention fidelity in special and general education research journals. *The Journal of Special Education*, 47(1), 3–13.
- Szűcs, D., & Myers, T. (2017). A critical analysis of design, facts, bias and inference in the approximate number system training literature : A systematic review. *Trends in Neuroscience and Education*, 6, 187–203.
- Thevenot, C., & Fayol, M. (2018). L'arithmétique cognitive : de la recherche aux interventions. *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant*, 156.
- Vignoles, A., Jerrim, J., & Cowan, R. (2015). *Mathematics Mastery : Primary evaluation report*. Londres : Education Endowment Foundation.
- Vilette, B. (2016). Effets d'entraînements basés sur l'estimation numérique auprès d'enfants avec une dyscalculie ou des troubles du calcul. *Développements*, 20–21, 57–77.

Notices biographiques

Fanny Gimbert est maître de conférences en sciences de l'éducation à l'Institut national supérieur de l'éducation à Grenoble, et rattachée au Laboratoire de recherche sur les apprentissages en contexte (LARAC). Elle s'intéresse aux facteurs cognitifs et affectifs pouvant influencer l'apprentissage des mathématiques chez les enfants. Après une thèse en psychologie cognitive, portant sur l'appréhension des quantités et en particulier sur son développement et son rôle dans les apprentissages numériques chez l'enfant, elle vise à développer une approche davantage pluridisciplinaire, en cherchant à concilier les travaux issus de la cognition numérique avec les travaux issus des sciences de l'éducation.

COURRIEL : FANNY.GIMBERT@UNIV-GRENOBLE-ALPES.FR

Karine Mazens est maître de conférences en psychologie du développement au Département de psychologie à l'Université Grenoble Alpes, et intervient également dans la formation continue des enseignants. Elle appartient au Laboratoire de psychologie et neurocognition (LPNC), où elle est responsable de l'équipe Développement et Apprentissage. Elle a obtenu sa thèse de doctorat en 1999 à Paris, sur le changement conceptuel chez l'enfant, sous la direction du P^r Jacques Lautrey. Ses travaux portent sur le développement cognitif et plus particulièrement sur la cognition numérique. Elle s'intéresse à la perception des quantités avec différentes modalités sensorielles, aux prédicteurs de la réussite en mathématiques et aux stratégies de traitement des nombres.

COURRIEL : KARINE.MAZENS@UNIV-GRENOBLE-ALPES.FR

Concevoir des outils pédagogiques pour et avec les enseignant·e·s et les évaluer expérimentalement

**Catherine Martinet, Anne-Françoise de Chambrier,
Rachel Sermier Dessemontet**

Haute école pédagogique du canton de Vaud

RÉSUMÉ – De nombreux·euses chercheur·euse·s conçoivent des outils pédagogiques pour les enseignant·e·s. Si les chercheur·euse·s en sciences de l'éducation se doivent de développer des outils intégrant les recommandations issues de la recherche, il·elle·s doivent aussi veiller à ce que ces outils répondent aux besoins des enseignant·e·s et qu'ils puissent s'inscrire dans leur réalité professionnelle. Dans une approche de conception continuée dans l'usage, des allers-retours entre le laboratoire et les salles de classe sont par conséquent préconisés. De plus, une évaluation de l'efficacité des outils ainsi développés avec une approche expérimentale reste indispensable. Deux recherches illustrant les complémentarités possibles entre ces deux approches seront présentées : l'une traite de l'enseignement de la lecture-décodage auprès d'élèves présentant une déficience intellectuelle, par des enseignant·e·s spécialisé·e·s, et l'autre de celui des premières compétences en mathématiques auprès d'élèves d'école enfantine (âgés de 4 à 6 ans).

MOTS CLÉS – outils pédagogiques, conception continuée dans l'usage, recherche expérimentale, enseignants, pratiques

Introduction

Cet article met en avant un type de recherche en sciences de l'éducation qui vise à concevoir des outils pédagogiques pour, mais aussi avec les enseignant-e-s tout en évaluant les effets avec une méthode expérimentale. Il s'agit d'allier une démarche mettant au centre les habitudes des acteur-trice-s à une démarche plus protocolisée. Les liens entre, d'une part, le laboratoire de recherche et ses chercheur-euse-s, et d'autre part, la classe et ses acteur-trice-s, y sont ainsi privilégiés.

Dans cet article, il s'agira plus précisément de montrer l'importance d'un partenariat étroit entre des chercheuses en sciences de l'éducation, plus précisément en pédagogie spécialisée, et des enseignant-e-s spécialisé-e-s et/ou ordinaires. Dans une démarche comme celle-là, des outils¹ innovants sont conçus, grâce aux données scientifiques sur les pratiques susceptibles d'être les plus efficaces ou étant déjà reconnues comme telles (*evidence-based practices*), et à partir de l'activité des utilisateur-trice-s. Ces outils sont ainsi au service des progrès des élèves et de l'activité des enseignant-e-s (Béguin & Rabardel, 2001).

Ces recherches collaboratives sont avant tout pragmatiques, car les problématiques en sont déterminées à partir des préoccupations que rencontrent les enseignant-e-s dans leur pratique. Elles visent à concevoir des outils pédagogiques 1) qui répondent à ces besoins, 2) qui soient utilisables dans des conditions écologiques, c'est-à-dire réelles de classes, et 3) qui contribuent au développement chez les enseignant-e-s des savoirs théoriques sur l'enseignement-apprentissage. Ces recherches s'inscrivent ainsi dans le champ des *recherches design en éducation / design-based research* (Class & Schneider, 2013 ; Design-Based Research Collective, 2003). Comme l'évoquent Class et Schneider (2013), la *recherche design en éducation* pourrait être une « synthèse entre la recherche-action (une approche interprétative à forte orientation transformative), les méthodes classiques de psychologie cognitive et de l'apprentissage (une science explicative et prédictive) et l'ingénierie « agile » centrée sur l'utilisateur (une science du design) » (p. 15).

L'efficacité des outils conçus en adoptant les principes du *design-based research* doit être évaluée. C'est à ce niveau qu'intervient une approche expérimentale dans la recherche permettant de contribuer à l'avancement des connaissances sur les pratiques les plus efficaces pour permettre à certains groupes d'élèves de progresser au mieux dans des domaines ciblés.

Cet article traitera dans un premier temps de la question de l'efficacité d'outils pédagogiques telle qu'elle est généralement comprise. Il abordera ensuite les apports possibles de l'approche de la *conception continuée dans l'usage* dans le développement de tels outils pédagogiques. Deux projets

1. Nous utiliserons le terme d'outils comme synonyme d'instrument (Béguin & Rabardel, 2000).

illustrant les complémentarités possibles entre une approche de recherche expérimentale visant à évaluer l'efficacité d'un outil pédagogique et le développement de celui-ci selon les principes de la *conception continuée dans l'usage* seront présentés. Ces deux projets ont été menés afin de concevoir, pour le premier, un outil pédagogique visant à faire progresser en lecture des élèves présentant une déficience intellectuelle et scolarisé-e-s en classes spécialisées et, pour le second, un outil visant à renforcer les compétences mathématiques d'élèves d'école enfantine.

Évaluer l'efficacité d'un outil pédagogique

La plupart du temps, quand les concepteur·trice·s cherchent à construire un outil efficace, c'est à l'efficacité en termes de rendement des élèves qu'il est fait référence. Les connaissances scientifiques et méthodologiques actuelles permettent de concevoir des recherches expérimentales ou quasi expérimentales rigoureuses qui tiennent compte de critères de scientificité bien définis pour évaluer l'efficacité d'un dispositif ou d'un outil pédagogique auprès des élèves (Cook, *et al.*, 2014 ; Institute of Education Sciences [IES], 2018). Nous centrerons ici le propos sur les études expérimentales de groupe, bien que des études expérimentales à cas uniques, satisfaisant à des critères de qualité très exigeants, soient aussi reconnues comme des types de recherches permettant d'identifier des pratiques fondées sur des données probantes dans le champ de l'éducation spéciale (Cook, *et al.*, 2014 ; Horner, *et al.*, 2005) et dans d'autres disciplines s'intéressant à des personnes présentant des troubles à la prévalence très faible dans la population générale (Byiers, Reichle, & Symons, 2012 ; Graham, Karmarkar, & Ottenbacher, 2012).

Dans une recherche expérimentale de groupe, l'évolution des performances d'élèves d'un groupe expérimental (recevant une intervention) entre un prétest et un posttest est comparée à celle d'élèves d'un groupe contrôle (*passif / ne recevant pas d'intervention* ou *actif / ne recevant pas la même intervention*), les participant·e·s étant réparti·e·s dans ces groupes de façon randomisée (aléatoire). C'est ce dernier point qui distingue ces recherches des recherches quasi expérimentales, dans lesquelles les participant·e·s ne sont pas réparti·e·s de façon aléatoire entre les groupes (IES, 2018). Pour qu'une recherche soit considérée comme pouvant contribuer à l'identification de pratiques fondées sur des données probantes (*evidence-based practices*), des critères méthodologiques minimaux et idéaux sont spécifiés. Au minimum, le niveau initial des élèves du groupe expérimental et du groupe contrôle doit être équivalent (ou alors une non-équivalence entre les groupes doit être contrôlée statistiquement). Les autres variables reconnues comme pouvant jouer un rôle perturbateur doivent également être contrôlées. Le nombre de participant·e·s doit être conséquent dans les deux groupes. Le « taux d'attrition » – c'est-à-dire d'abandons – entre le début et la fin de l'ex-

périence doit également être similaire entre les différentes conditions et ne doit pas être trop élevé. Les tests utilisés pour mesurer les progrès doivent disposer de bonnes qualités psychométriques (validité, fiabilité) et il doit être vérifié que l'intervention est implémentée tel qu'il était prévu qu'elle le soit (fidélité d'implémentation).

La répartition aléatoire des élèves entre le groupe expérimental et le groupe contrôle est un critère fortement recommandé. Il est également préconisé que les expérimentateur-trice-s qui testent les élèves ne sachent pas à quel groupe il-elle-s appartiennent. Ces deux derniers critères permettent notamment d'éviter des effets d'attente des acteur-trice-s de part et d'autre. Il est également conseillé de faire participer le groupe contrôle à une autre intervention (groupe contrôle actif) pour contrôler les effets psychosociaux des expérimentations (par exemple, l'effet Hawthorne ; Mayo, 1945).

Enfin, rappelons que la publication dans une revue avec comité de lecture fait partie intégrante de la garantie de qualité d'une étude. L'intervention est alors jugée efficace si, dans ces conditions, les élèves ayant bénéficié de l'outil évalué ont progressé significativement plus que les élèves du groupe contrôle. Une intervention sera considérée comme *evidence-based*, si d'autres études expérimentales portant sur ses effets aboutissent à des résultats convergents (Cook, *et al.*, 2014 ; Gersten, *et al.*, 2005). Le niveau de preuve deviendra maximal lorsqu'une méta-analyse pourra être réalisée et montrera qu'un grand nombre d'études utilisant des méthodologies similaires publiées indépendamment les unes des autres sur le même sujet aboutissent aux mêmes conclusions : un consensus scientifique est alors atteint (cf. pyramide des preuves, Glover, Izzo, Odatto, & Lei, 2006).

Les chercheur-euse-s qui conçoivent des outils pédagogiques ou didactiques innovants consacrent ainsi des heures de travail à les élaborer sur la base des travaux scientifiques les plus récents. Il-elle-s mettent ensuite généralement en place des protocoles de recherche expérimentale ou quasi expérimentale pour évaluer les effets des outils. Ces protocoles sont couteux en termes de contraintes administratives et de ressources humaines et financières (recherche d'enseignant-e-s volontaires, accord des directions cantonales et d'établissements, accord des parents d'élèves, formations des enseignant-e-s, mise en place de l'intervention sur plusieurs mois, évaluation de la fidélité de l'implémentation de l'intervention...). Les résultats permettront ensuite aux chercheur-euse-s de déterminer si l'outil est efficace et s'il permet aux élèves d'apprendre davantage qu'avec un enseignement habituel.

Sources possibles de l'inefficacité d'un outil

Lorsqu'une recherche expérimentale ou quasi expérimentale ne permet pas de montrer l'efficacité d'un outil pédagogique donné, plusieurs raisons peuvent être invoquées. Les premières peuvent concerner des aspects méthodologiques liés à la recherche elle-même. Par exemple, un manque de sensibilité des outils d'évaluation peut empêcher de saisir des différences fines mais potentiellement significatives entre les groupes, ou la taille des échantillons peut ne pas être suffisante pour détecter des effets de faible intensité.

Il se peut aussi que l'outil ne soit simplement pas efficace. Les choix opérés dans la conception de celui-ci n'ont peut-être pas été les plus éclairés.

Une autre raison fréquemment invoquée est le manque de formation des enseignant-e-s à l'utilisation de l'outil (Zorman, *et al.*, 2015). Un soutien continu offert aux enseignant-e-s favorise en effet la mise en place réussie d'innovations pédagogiques (Yoshikawa, *et al.*, 2013). Toutefois, les chercheur-euse-s sont soumis-ses à des contraintes financières, temporelles et/ou spatiales qui ne leur permettent pas toujours de former optimalement tou-te-s les enseignant-e-s afin de leur permettre une intégration suffisante des contenus des outils qu'il-elle-s auront à mettre en œuvre en classe (Gentaz, *et al.*, 2013).

Certain-e-s auteur-e-s regrettent que la formation offerte soit souvent exclusivement réalisée en dehors de la classe. En effet, les contraintes évoquées plus haut rendent souvent difficile la mise en place d'une formation approfondie régulière et/ou d'un suivi personnalisé des enseignant-e-s pendant l'implémentation de l'outil en classe. Cette absence de formation *in situ* (Gentaz, *et al.*, 2013) et donc ce *manque d'accompagnement des enseignant-e-s* dans la mise en œuvre du nouvel outil pourrait conduire à ce que celle-ci soit peu fidèle à celle attendue par les chercheur-euse-s et pourrait être à l'origine d'une absence de progression des élèves (Penneman, *et al.*, 2016 ; Roux-Baron, Cèbe, & Goigoux, 2017).

Un soutien continu offert aux enseignant-e-s *in situ* serait donc le garant d'une implémentation fidèle. Sans formation de ce type, la mise en œuvre effective de l'outil en classe est laissée à la charge de l'enseignant-e et si cette mise en œuvre est trop couteuse en termes de temps, d'adaptations à son propre contexte professionnel, d'organisation de la classe, de gestion des programmes... alors l'outil ne sera pas utilisé comme le prévoient les chercheur-euse-s voire sera abandonné au détriment d'un autre outil connu et/ou semblant beaucoup plus facile d'accès (même si celui-ci manque de fondements scientifiques et empiriques). De même, si cet outil s'écarte des conceptions dominantes dans le « genre professionnel » des enseignant-e-s (Clot & Faïta, 2000), il sera également abandonné au profit d'un autre outil

que les enseignant-e-s estiment efficace et qu'il-elle-s ont l'habitude d'utiliser (Gentaz, *et al.*, 2013).

Pour certain-e-s auteur-e-s, il est donc indispensable de proposer plus de formations aux enseignant-e-s et de réfléchir à la nature même de ces dernières ; la formation serait la condition *sine qua non* à la réussite de l'appropriation et de l'utilisation optimales de l'outil en classe par les utilisateur-trice-s. D'autres auteur-e-s montrent cependant qu'il « ne suffit pas que les enseignants soient informés, ni même convaincus de la pertinence des résultats produits pour qu'ils changent leurs pratiques » (Cèbe & Goigoux, 2018, p. 79). Changer les conceptions des enseignant-e-s via des formations, même les plus pertinentes et de qualité qui soient, en présentant des résultats de recherches-interventions solides, ne suffirait pas à changer leurs pratiques (Prost, 2001), tout comme proposer aux enseignant-e-s des outils et des ressources didactiques de qualité ne permet de présager l'usage qui en sera fait (Penneman, *et al.*, 2016).

Cèbe et Goigoux (2018) partent du postulat qu'il faut « changer les pratiques des enseignant-e-s pour changer leurs conceptions » et proposent d'utiliser l'outil comme un moyen puissant de développement professionnel (Fishman, Penuel, Allen, Cheng, & Sabelli, 2013). C'est grâce à l'outil que les chercheur-euse-s-concepteur-trice-s aideront les enseignant-e-s à intégrer dans leurs pratiques des activités, méthodes, tâches... cohérentes avec les données scientifiques les plus récentes. L'outil aurait ainsi une visée formative : « intervenir pour mieux comprendre et pas seulement, comme c'est l'habitude en formation, comprendre pour mieux intervenir » (Cèbe & Goigoux, 2018, p. 78). L'implémentation de nouveaux outils en classe par les enseignant-e-s leur permettrait de se former et de mieux comprendre les principes didactiques.

Pour résumer, un outil pédagogique est en général qualifié d'efficace si une recherche qui répond à des critères scientifiques et méthodologiques très stricts atteste d'effets significatifs sur les progrès des élèves. Une méthode novatrice n'est cependant efficace que si elle est également utilisée au-delà de la recherche dans laquelle elle a été testée. Ainsi traiter de l'efficacité d'une méthode suppose également qu'elle soit utilisable, et qu'elle soit effectivement adoptée par le plus grand nombre d'enseignant-e-s, novices ou chevronné-e-s, dans leur contexte de travail ordinaire. L'efficacité d'un outil, du point de vue des utilisateur-trice-s, dépendrait des modifications que l'utilisation de cet outil produiraient au niveau de l'exercice de leur métier.

Le degré d'efficacité d'un outil dépendrait donc d'une mesure objective de ses effets sur les apprentissages des élèves et d'une utilisation effective par les enseignant-e-s. Le paradigme dit de *conception continuée dans l'usage* est une piste d'action pour garantir ce second point.

La conception continuée dans l'usage : une méthodologie pour construire un outil pédagogique efficace et utile aux enseignant-e-s

Selon Roux-Baron, *et al.* (2017), il est indispensable que les chercheur-euse-s-concepteur-trice-s d'outils pédagogiques s'interrogent sur la qualité des dispositifs proposés aux enseignant-e-s et pour ces auteur-e-s « l'accompagnement n'est indispensable que si les outils sont élaborés sans prendre en compte leurs premiers destinataires : les enseignants » (p. 86) ». Pour qu'un outil soit utilisé, adapté, il devra être compatible avec les pratiques habituelles des professionnel-le-s et donc s'inscrire dans le « genre professionnel » des enseignant-e-s (Clot & Faïta 2000 ; Goigoux, 2007).

L'outil ne sera pas utilisé si les enseignant-e-s le perçoivent comme trop complexe à utiliser, soit parce qu'il nécessite la mise en œuvre de connaissances et/ou compétences que les enseignant-e-s n'ont pas, soit parce que son utilisation nécessite trop de modifications dans l'exercice de leur métier, soit encore parce que son utilisation contribue à accroître la pénibilité de leur travail (Cèbe & Goigoux, 2007). Si l'outil est trop éloigné des conceptions didactiques des enseignant-e-s, de leurs savoir-faire et de leurs pratiques d'enseignement habituelles et/ou s'il conduit à un sentiment d'insécurité, il ne sera pas adopté par ceux-celles-ci (Cèbe & Goigoux, 2007 ; Goigoux & Cèbe, 2013 ; Martinet, 2013 ; Martinet, Cèbe, & Pelgrims, 2016 ; Roux-Baron, *et al.*, 2017). L'innovation pédagogique doit produire un minimum d'avantages pour le-la professionnel-le – en plus d'effets sur ses élèves bien sûr – sans modifier trop radicalement ses pratiques (Goigoux, 2017). Les contextes d'enseignement et les habitus professionnels des enseignant-e-s n'ont malheureusement pas suffisamment été pris en compte lors de l'élaboration de nombreux dispositifs, outils ou réformes pédagogiques qui ont donc échoué (Goigoux, 2007, 2017).

Les chercheur-euse-s-concepteur-trice-s devraient donc porter une attention toute particulière à la méthode de conception de l'outil, afin qu'elle soit une alternative aux conceptions applicationnistes, et afin qu'elle tienne compte du contexte professionnel et des pratiques professionnelles des usager-ère-s. Béguin et Rabardel (2000), dans le cadre de leurs travaux dans le champ de l'ergonomie, prônent une approche « anthropocentrée » où les outils sont conçus à partir de l'activité des personnes qui vont les utiliser et donc de leurs schèmes d'utilisation ; l'outil serait ainsi au service de l'activité. Dans une approche qui serait exclusivement « technocentrée », l'activité des utilisateur-trice-s ne constituerait qu'un aspect secondaire voire minime.

Les deux approches méritent donc d'être coordonnées. Il convient ainsi de commencer par analyser les gestes professionnels habituels des enseignant-e-s afin de mieux cerner ceux qui peuvent être transposés aisément dans

une situation d'enseignement-apprentissage nécessitant l'utilisation d'un nouvel outil pédagogique (i.e. assimilation), et ceux qu'il-elle-s devront modifier quand l'outil sera mis entre leurs mains (i.e. accommodation) (Béguin, 2007 ; Béguin & Rabardel, 2000). Cette analyse des processus d'assimilation et d'accommodation serait particulièrement importante (Béguin & Rabardel, 2000) car le rejet d'un outil peut souvent s'expliquer par une assimilation trop couteuse et par des processus d'accommodation divers menant à des utilisations différentes de l'outil : « Argumenter qu'il est nécessaire d'organiser le processus de conception autour des usages qui préexistent à l'invention peut être perçu comme une position qui s'oppose à la nouveauté. Or, il n'en est rien. » (Béguin & Rabardel, 2000, p. 47).

La conception de l'outil se réaliserait donc dans l'usage. Il s'agirait ainsi « d'organiser des alternances, voire des imbrications, entre des phases de conception institutionnelles et des phases de conception dans l'usage » (Béguin & Rabardel, 2000 p. 50). La conception dite *continuée dans l'usage* (Béguin & Cerf, 2004 ; Béguin & Rabardel, 2000 ; Cèbe & Goigoux, 2007 ; Goigoux 2018), proches des recherches de type *recherche design en éducation / design-based research* (Class & Schneider, 2013 ; Design-Based Research Collective, 2003) permettrait de concevoir de « nouveaux outils cohérents avec les résultats de la recherche (le « souhaitable »), mais [également] compatibles avec les pratiques habituelles des enseignants (le « raisonnable ») » (Cèbe & Goigoux, 2018, p. 80). En plus de connaître au mieux les habitus professionnels des enseignant-e-s et les contextes d'enseignement, certain-e-s chercheur-euse-s-concepteur-trice-s en sciences de l'éducation associent étroitement les enseignant-e-s dès le début et tout au long du processus de conception d'un outil innovant (Goigoux & Cèbe, 2013, 2019 ; Martinet, *et al.*, 2016 ; Monney, Martinet, de Chambrier, & Rouèche, 2016 ; Penneman, *et al.*, 2016). Les chercheur-euse-s seraient ainsi garant-e-s des connaissances scientifiques les plus récentes sur l'enseignement-apprentissage des savoirs ou compétences visées par l'outil ; les enseignant-e-s le seraient des préoccupations professionnelles actuelles ainsi que des pratiques professionnelles réelles dans un contexte donné. L'outil se situe alors au cœur du triangle didactique. Le premier travail des chercheur-euse-s consiste donc à effectuer une triple analyse à priori sur les trois pôles de ce triangle et donc sur les savoirs/savoir-faire en jeu, les caractéristiques des élèves et les pratiques habituelles des enseignant-e-s (Cèbe & Goigoux, 2007). L'analyse préalable du travail de l'enseignant-e permet ainsi aux chercheur-euse-s de concevoir un premier prototype hypothétiquement utilisable par le plus grand nombre d'utilisateur-s. Ce prototype est ensuite proposé à des enseignant-e-s qui le testent en classe en situation habituelle. Une étude de cette mise en œuvre est alors conduite afin qu'un second prototype soit créé pour réduire au maximum les décalages qui auraient pu être observés entre les modes opératoires initialement envisagés et les utilisations effectives. Il s'agit à ce moment-là d'un travail de coconception mené par les cher-

cheur-euse-s et les enseignant-e-s. Ce nouveau prototype est ensuite mis entre les mains d'enseignant-e-s différent-e-s de celles-ceux qui ont expérimenté le premier prototype. Une seconde analyse de sa mise en œuvre en classe et une évaluation de ses effets sur les élèves sont effectuées afin de parvenir à un outil final qui soit le meilleur compromis entre les données scientifiques les plus actuelles et les exigences du métier.

Deux illustrations de recherches (quasi) expérimentales adoptant l'approche de *conception continuée dans l'usage*

Deux recherches menées au sein de la Haute école pédagogique du canton de Vaud (HEP Vaud) sont à présent décrites afin d'illustrer comment l'adoption de la *conception continuée dans l'usage* couplée à une méthode d'évaluation expérimentale permet de concevoir des outils pédagogiques efficaces pour les élèves et s'inscrivant dans les pratiques habituelles des enseignant-e-s.

Le projet ELODI

La recherche ELODI (*Enseigner la Lecture de manière Optimale aux élèves présentant une Déficience Intellectuelle*)² a été menée par les trois auteures de ce présent article, en collaboration avec une chercheuse de l'Université de Genève – Britt-Marie Martini-Willemin – et deux collaboratrices de la HEP Vaud, Anne-Laure Linder et Natalina Meuli. Nous sommes parties d'un constat commun aux praticien-ne-s et aux chercheur-euse-s : le manque d'outils pédagogiques adaptés pour enseigner la lecture aux élèves ayant une déficience intellectuelle, c'est-à-dire aux enfants qui présentent des limitations significatives du fonctionnement intellectuel (un QI inférieur à 70) et du comportement adaptatif (Inserm, 2016). Ce manque est d'autant plus vrai pour les élèves présentant des limitations conséquentes du fonctionnement intellectuel (QI entre 50–55 et 35–40), dont on a longtemps pensé qu'ils-elles ne pouvaient pas apprendre à lire. Or, plusieurs travaux récents ont montré qu'ils-elles en sont capables, moyennant certains principes et certaines stratégies appropriés (Allor, Mathes, Roberts, Cheatham, & Al Otaïba, 2014 ; Bradford, Shippen, Alberto, Houchins, & Flores, 2006 ; Browder, Wakeman, Spooner, Ahlgrim-Delzell, & Algozzine, 2006 ; Fredrick, Davis, Alberto, & Waugh, 2013 ; Hill, 2016 ; Joseph & Seery, 2004 ; Sermier Dessemontet & Martinet, 2016). Le but du projet ELODI était donc de créer et de tester l'efficacité d'une méthode d'enseignement de la lecture à destination de ces

2. Recherche financée par le FNS : subside FNS : 100019_173096.

élèves qui repose sur les données scientifiques et qui soit facilement utilisable par les enseignant-e-s.

Avant de concevoir l'outil : méta-analyse et recherche qualitative

En amont de la recherche, une triple analyse à priori a été effectuée : (1) sur les savoirs/savoir-faire en jeu en lecture et les pratiques efficaces pour des enfants au développement typique, (2) sur les caractéristiques des élèves présentant une déficience intellectuelle, leurs difficultés en lecture et les pratiques d'enseignement efficaces à leur égard, et (3) sur les pratiques habituelles et besoins des enseignant-e-s spécialisé-e-s dans des écoles spécialisées de Suisse romande.

Des deux premiers niveaux de cette analyse ont été retenus plusieurs principes pédagogiques, tels que la nécessité d'enseigner aux élèves plusieurs « piliers de la lecture » (National Institute of Child Health and Human Development, 2000 ; National Institute for Literacy, 2008) de façon explicite et systématique (Bissonnette, Richard, Gauthier, & Bouchard, 2010 ; Sermier Dessemontet, Martinet, de Chambrier, Martini-Willemin, & Audrin, 2019), l'importance de fournir des feedbacks correctifs systématiques incluant un « délai constant de réponse » (*constant time delay*, Spooner, et al., 2012) ou encore l'intérêt de procéder à un étayage progressif avec une gradation des aides de la moins intrusive à la plus intrusive (*least to most intrusive prompt system*, Downing, 2010). La réalisation d'une méta-analyse sur les pratiques efficaces d'enseignement du décodage aux élèves avec déficience intellectuelle a permis de confirmer l'importance de certains de ces principes mais aussi d'identifier les dimensions sur lesquelles nous ne disposons pas encore de suffisamment de données scientifiques (Sermier Dessemontet, Martinet, de Chambrier, et al., 2019).

Afin de mieux cerner les pratiques d'enseignement de la lecture dans les classes spécialisées accueillant la population cible, des observations ont été menées (Sermier Dessemontet, Martinet, Linder, & Martini-Willemin, 2019 ; Sermier Dessemontet, Linder, Martinet, & Martini-Willemin, sous presse) dans les vingt-quatre classes qui ont pris part à l'étude, à l'aide d'une adaptation de l'outil d'observation ELLCO (*Early Language and Literacy Classroom Observation tool* ; Smith, Brady, & Clark-Chiarelli, 2008). Les trente-deux enseignant-e-s spécialisé-e-s participant à la recherche ont également été interrogé-e-s à travers des entretiens de groupe, afin de recueillir leurs propos sur leurs expériences d'enseignement de la lecture, les moyens utilisés, les méthodes adoptées et les facilitateurs et obstacles qu'ils-elles rencontraient (Linder, Martini-Willemin, Sermier Dessemontet, & Martinet, 2020). De plus, les projets éducatifs individualisés des 48 élèves inclu-se-s dans l'étude ont été consultés pour voir quels objectifs d'apprentissage en lecture étaient visés en priorité pour ces élèves non-lecteur-trice-s.

Coconception de l'outil

Sur la base de la revue de la littérature et de l'étude des pratiques et des besoins des professionnel·le·s, un premier prototype de l'outil a été construit par l'équipe de recherche. Celui-ci a été soumis à trois étudiant·e·s du master en enseignement spécialisé qui effectuaient leurs études tout en travaillant avec les élèves ciblé·e·s par la méthode. Après leur formation à l'utilisation de celle-ci, il leur était demandé de la mettre en place avec leurs élèves, ainsi que d'en analyser la faisabilité et les points forts ou faibles. Tout au long de cette étude pilote, des membres de l'équipe de recherche se rendaient régulièrement dans les classes afin de répondre aux questions des enseignant·e·s, de vérifier que l'implémentation était la plus proche possible de celle qui était attendue, et de relever les activités qui fonctionnaient plus ou moins bien. Des améliorations ont été apportées à ce premier prototype, sur la base des propositions des enseignant·e·s et des observations des membres de l'équipe de recherche. La version améliorée a ensuite été proposée à un plus grand nombre d'enseignant·e·s dans le cadre de l'étude expérimentale (cf. ci-dessous). Lors de celle-ci, des visites des membres de l'équipe de recherche ont également été organisées dans les classes du groupe expérimental. Elles ont à nouveau été l'occasion de discuter avec les enseignant·e·s d'améliorations possibles de l'outil.

Efficacité de l'outil pédagogique auprès des élèves : une recherche expérimentale

L'efficacité de l'outil a ensuite été évaluée par une étude expérimentale avec un groupe expérimental et un groupe contrôle menée sur une année scolaire (prétest en septembre et posttest en juin). Les critères méthodologiques les plus stricts ont été appliqués : les enseignant·e·s ayant accepté de participer à l'étude ont été réparti·e·s de façon aléatoire entre le groupe expérimental et le groupe contrôle ; la fidélité d'implémentation de l'outil dans le groupe expérimental a été étroitement évaluée ; les compétences des élèves ont été mesurées avant et après l'intervention, avec des tests conçus par les chercheuses et des tests standardisés ; les élèves ont été testé·e·s par des expérimentatrices qui ne savaient pas à quel groupe il·elle·s appartenaient. L'analyse des résultats montre que les élèves du groupe expérimental ont progressé significativement plus que celles et ceux du groupe témoin en décodage de syllabes et de mots (Sermier Dessemontet, de Chambrier, Martinet, Meuli, & Linder, 2021). Cette recherche a donc permis de développer une méthode (de Chambrier, Sermier Dessemontet, & Martinet, 2021) qui a non seulement eu un effet positif sur les progrès d'élèves en très grandes difficultés en lecture, mais qui a aussi de bonnes chances d'être utilisée par les enseignant·e·s au-delà de l'étude expérimentale. L'enquête anonyme réalisée en ligne une année après la fin de l'étude auprès des enseignant·e·s qui y avaient participé révèle en effet que la plupart d'entre eux·elles (77%) utilisent encore l'outil.

De plus, il-elle-s sont nombreux-euses (85% à 100%) à rapporter appliquer régulièrement les pratiques et stratégies d'enseignement de la lecture fondées sur des données probantes qui font partie intégrante de l'outil d'enseignement. La plupart des répondant-e-s (79%) rapportent également une évolution positive de leur regard sur le potentiel d'apprentissage en lecture de leurs élèves. Finalement, tou-te-s rapportent une augmentation de leur sentiment d'efficacité personnelle à enseigner la lecture à leurs élèves. Ces résultats vont dans le sens du postulat émis par Cèbe et Goigoux (2018) selon lequel proposer d'utiliser et d'évaluer un outil à des enseignant-e-s dans une approche collaborative avec des chercheur-euse-s peut constituer un puissant moyen de développement professionnel.

Il ressort de cette description que si tant la démarche de validation expérimentale que la démarche de conception continuée dans l'usage sont très importantes, elles n'en demeurent pas moins couteuses en ressources humaines et financières. Elles sont dès lors très difficilement applicables sans un fonds de recherche conséquent. Dans une autre recherche (Math-Play) menée conjointement entre la HEP Vaud et les universités du Luxembourg, de Liège (Belgique) et de Lorraine (France) et qui n'a pas bénéficié d'un pareil financement, plusieurs allers-retours entre le laboratoire et les salles de classe ont tout de même pu être assurés, bien que de façon plus modeste.

La recherche Mathplay

Dans cette étude quasi expérimentale avec deux groupes expérimentaux et un groupe contrôle menée sur douze semaines, il s'agissait de mesurer l'efficacité d'une série de jeux mathématiques sur les apprentissages numériques d'élèves de 1^{re} et 2^e Harmos³ par rapport aux pratiques habituelles (groupe contrôle). Cet objectif découlait du constat fait dans la littérature scientifique que les apprentissages mathématiques ont tendance à être négligés à l'école enfantine, alors qu'ils sont capitaux et qu'ils peuvent être stimulés de façon très appropriée pour de jeunes élèves, par exemple à travers des jeux (Lee & Ginsburg, 2009 ; National Council of Teachers of Mathematics, 2006 ; Scalise, Daubert, & Ramani, 2017). Par ailleurs, étant donné l'importance des pratiques numériques familiales sur les apprentissages mathématiques des jeunes élèves (Niklas & Schneider, 2014), les jeux ont été transmis dans les familles des enfants participant à un deuxième groupe expérimental. Celui-ci visait à mesurer l'éventuelle plus-value de l'association des parents à l'intervention par rapport à la mise en place des jeux uniquement dans les classes. Afin de transmettre les jeux dans les familles des élèves, il fallait d'une part que les familles puissent facilement s'approprier les jeux, et d'autre part que

3. La première et deuxième année selon le concordat Harmos (Accord intercantonal sur l'harmonisation de la scolarité obligatoire) correspondent aux deux années d'école enfantine et donc à des élèves de 4-5 et 5-6 ans.

les jeux soient facilement reproductibles en grande quantité. L'intervention allait durer huit semaines à raison d'un nouveau jeu implémenté quatre fois 20 minutes par semaine (huit jeux en tout). En plus des jeux en tant que tels, des fiches étaient transmises aux enseignant-e-s pour les aider à différencier le niveau de chaque jeu selon le niveau mathématique de leurs élèves, pour les accompagner dans l'institutionnalisation des savoirs visés par chacun des jeux, et pour qu'il-elle-s puissent aider certain-e-s de leurs élèves à dépasser des difficultés pouvant être rencontrées.

Cette recherche a elle aussi commencé par une revue de la littérature sur les connaissances mathématiques essentielles à développer à ce moment de la scolarité et sur des jeux ou des activités propices à leur acquisition. À partir de ces premiers critères, les membres de l'équipe de recherche ont présélectionné douze jeux. Il a ensuite été demandé à trois enseignant-e-s d'école enfantine de chaque pays de prétester une partie de ces jeux dans leur classe, et de nous faire un retour sur ceux qu'il-elle-s avaient trouvé les plus intéressants sur le plan didactique, les plus faciles à mettre en place et les plus plaisants pour les élèves. Les jeux qui allaient constituer l'intervention dans les groupes expérimentaux ont été déterminés sur la base de ces retours. Avant la récolte de données dans les quarante-six classes (569 élèves) ayant participé à l'étude, les représentations des enseignant-e-s sur l'importance des mathématiques à l'école enfantine ainsi que leurs pratiques d'enseignement habituelles ont été interrogées à travers un questionnaire. Avant la mise en place de l'intervention dans les deux groupes expérimentaux et en cours de celle-ci, les enseignant-e-s ont participé à deux formations, qui visaient tant à les former à l'implémentation et à l'exploitation des jeux mathématiques qu'à recueillir leurs avis sur ceux-ci et leurs expériences dans leurs classes. Juste après la fin de l'intervention, il leur a également été demandé de faire un retour sur le dispositif de recherche dans son ensemble, et de noter les huit jeux en fonction du succès qu'ils avaient rencontré auprès des élèves. Enfin, quelques mois après l'intervention, une journée d'étude a été organisée au Luxembourg, où les enseignant-e-s qui avaient participé à l'étude étaient invité-e-s, afin de pouvoir encore échanger entre chercheur-e-s et praticien-ne-s sur les intérêts et les limites du dispositif de recherche.

Au niveau de l'efficacité de l'intervention sur les apprentissages des élèves, les résultats de cette étude ont montré que le fait de jouer aux jeux dans les classes a permis aux élèves avec des compétences initiales moyennes à élevées de progresser significativement plus que dans le groupe contrôle. De façon particulièrement intéressante, le fait de transmettre les jeux dans les familles a permis aux élèves avec de faibles compétences initiales de plus progresser que dans les deux autres conditions (de Chambrier, Baye, *et al.*, 2021).

Ainsi, en plus des effets positifs au niveau des apprentissages des élèves, les différentes phases de cette recherche ont permis d'ajuster le dispositif de

recherche au fur et à mesure des retours des enseignant-e-s, afin que celui-ci soit le plus pertinent possible à leurs yeux et le plus facile à mettre en place. Certains de ces ajustements n'ont toutefois pu être faits qu'à postériori, servant ainsi plus aux enseignant-e-s auprès de qui le dispositif est diffusé qu'à celles et ceux qui l'ont implémenté dans l'étude.

Précisons encore que même en portant un soin tout particulier à la facilité d'utilisation d'un outil par les enseignant-e-s, les contraintes méthodologiques pour que l'efficacité en soit évaluée expérimentalement ne sont pas toujours compatibles avec les conditions qui en favoriseraient l'implémentation en classe. Par exemple, dans l'expérience Mathplay, le design expérimental requérait des enseignant-e-s qu'ils-elles mettent en place chaque jeu quatre fois 20 minutes sur une même semaine, selon un ordre prédéterminé du jeu le plus simple au jeu le plus complexe. Cette rigueur était nécessaire pour que l'intervention soit implémentée de façon comparable dans les différentes classes qui ont composé les groupes expérimentaux, pour que toutes les compétences mathématiques visées par ces jeux soient abordées et pour avoir une chance que des résultats significatifs soient obtenus. Toutefois, les enseignant-e-s ont trouvé que cette contrainte était le seul aspect du dispositif qui en a compliqué la mise en place. Il-elle-s auraient préféré une intensité moins élevée et pouvoir parfois laisser les élèves choisir un jeu. Ainsi, certaines libertés impactant directement la facilité d'implémentation d'un outil ne peuvent parfois être laissées qu'une fois l'expérimentation terminée.

Conclusion

Ces deux recherches ont permis d'illustrer comment l'approche de *conception continuée dans l'usage* peut s'articuler avec l'approche expérimentale au service du développement d'outils pédagogiques innovants et efficaces. Ce travail de conception ne peut se mener qu'en mobilisant conjointement les acteur-trice-s du monde de la recherche et ceux-celles du milieu de l'enseignement. C'est un processus dans lequel se produit un apprentissage mutuel : les concepteur-trice-s apprennent des utilisateur-trice-s, et ces dernier-ère-s apprennent des concepteur-trice-s, dans une confrontation constructive et bienveillante de leurs points de vue. De nombreux-ses enseignant-e-s sont prêt-e-s à ouvrir les portes de leurs classes aux chercheur-euse-s et des collaborations doivent encore se développer afin de promouvoir la conception d'outils conçus de manière très cohérente avec les dernières avancées de la recherche scientifique sur le sujet, et en tenant compte des pratiques enseignantes actuelles. Des complémentarités entre une approche *design-based research* et une approche expérimentale sont possibles et gagnent à être exploitées au service d'une meilleure mise en œuvre des pratiques de terrain fondées sur des données probantes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allor, J. H., Mathes, P. G., Roberts, J. K., Cheatham, J. P., & Al Otaiba, S. (2014). Is scientifically based reading instruction effective for students with below-average IQs ? *Exceptional Children*, 80(3), 287–306. <https://doi.org/10.1177/0014402914522208>
- Béguin, P. (2007). Innovation et cadre sociocognitif des interactions concepteurs-opérateurs : une approche développementale . *Le travail humain*, 70(4), 369–390.
- Béguin, P., & Cerf, M. (2004). Formes et enjeux de l'analyse de l'activité pour la conception des systèmes de travail. *Activités*, 1(1), 54–57. <https://doi.org/10.4000/activites.1156>
- Béguin, P., & Rabardel, P. (2000). Concevoir pour les activités instrumentées. *Revue d'intelligence artificielle*, 14(1-2), 35–54.
- Bissonnette, S., Richard, M., Gauthier, C., & Bouchard, C. (2010). Quelles sont les stratégies d'enseignement efficaces favorisant les apprentissages fondamentaux auprès des élèves en difficulté de niveau élémentaire ? Résultats d'une méga-analyse. *Revue de recherche appliquée sur l'apprentissage*, 3, 1–35.
- Bradford, S., Shippen, M. E., Alberto, P., Houchins, D. E., & Flores, M. (2006). Using systematic instruction to teach decoding skills to middle school students with moderate intellectual disabilities. *Education and Training in Developmental Disabilities*, 41(4), 333–343.
- Browder, D. M., Wakeman, S. Y., Spooner, F., Ahlgrim-Delzell, L., & Algozzine, B. (2006). Research on reading instruction for individuals with significant cognitive disabilities. *Exceptional children*, 72(4), 392–408. <https://doi.org/10.1177/001440290607200401>
- Byiers, B. J., Reichle, J., & Symons, F. J. (2012). Single-subject experimental design for evidence-based practice. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 21(4), 397–414. [https://doi.org/10.1044/1058-0360\(2012/11-0036\)](https://doi.org/10.1044/1058-0360(2012/11-0036))
- Cèbe, S., & Goigoux, R. (2007). Concevoir un instrument didactique pour améliorer l'enseignement de la compréhension de textes. *Repères*, 35, 185–208.
- Cèbe, S., & Goigoux, R. (2018). Lutter contre les inégalités : outiller pour former les enseignants. *Recherche & Formation*, 1(87), 77–96. <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.3510>
- Class, B., & Schneider, D. (2013). La Recherche Design en éducation : vers une nouvelle approche ? *Frantice.net*, 7, 5–16.
- Clot, Y., & Faïta, D. (2000). Genres et styles en analyse du travail, concepts et méthodes. *Travailler*, 4, 7–42.
- Cook, B., Buisse, V., Klingner, J., Landrum, T., McWilliam, R., Tankersley, M., & Test, D. (2014). Council for exceptional children : Standards for evidence-based practices in special education. *Teaching Exceptional Children*, 46(6), 206–212.

- de Chambrier, A.-F., Baye, A., Tinnes-Vigne, M., Tazouti, Y., Vlassis, J., Poncelet, D... & Dierendonck, C. (2021). Enhancing children's numerical skills through a play-based intervention at kindergarten and at home : A quasi-experimental study. *Early Childhood Research Quarterly*, 54, 164–178. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2020.09.003>
- de Chambrier, A-F, Sermier Dessemontet, R., & Martinet, C. (2021). *DécoDI. apprendre à décoder aux élèves ayant une déficience intellectuelle*. Paris : Retz.
- Design-Based Research Collective (2003). Design-based research : An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8.
- Downing, J.E. (2010). *Academic instruction for students with moderate and severe intellectual disabilities in inclusive classrooms*. Londres : Sage.
- Fishman, B. J., Penuel, W. R., Allen, A. R., Cheng, B. H., & Sabelli, N. (2013). Design-based implementation research : An emerging model for transforming the relationship of research and practice. *National Society for the Study of Education*, 112(2), 136–156.
- Fredrick, L. D., Davis, D. H., Alberto, P. A., & Waugh, R. E. (2013). From initial phonics to functional phonics : Teaching word-analysis skills to students with moderate intellectual disability. *Education and Training in Autism and Developmental Disabilities*, 48(1), 49–66.
- Gentaz, E., Sprenger-Charolles, L., Colé, P., Theurel, A., Gurgand, M., Huron, C., Rocher, T., & Le Cam, M. (2013). Évaluation quantitative d'un entraînement à la lecture à grande échelle pour des enfants de CP scolarisés en réseaux d'éducation prioritaire : apports et limites. *ANAE*, 123, 172–181.
- Gersten, R., Fuchs, L. S., Compton, D., Coyne, M., Greenwood, C., & Innocenti, M. S. (2005). Quality indicators for group experimental and quasi-experimental research in special education. *Exceptional Children*, 71(2), 149–164. <https://doi.org/10.1177/001440290507100202>
- Glover, J., Izzo, D., Odatto, K., & Lei, W. (2006). *EBM Pyramid*. Dartmouth University/Yale University. Repéré à <https://guides.lib.uci.edu/ebm/pyramid>
- Goigoux, R. (2007). Un modèle d'analyse de l'activité des enseignants. *Éducation et didactique*, 1(3). <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.232>
- Goigoux, R. (2017). Associer chercheurs et praticiens à la conception d'outils didactiques ou de dispositifs innovants pour améliorer l'enseignement. *Éducation et didactique*, 11(3). <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.2872>
- Goigoux, R., & Cèbe, S. (2013). *Lectorino & Lectorinette. Apprendre à comprendre des textes narratifs, CE1–CE2*. Paris : Retz.
- Goigoux, R., & Cèbe, S. (2019). *Lector & Lectrix. Apprendre à comprendre les textes narratifs, CM1–CM2–6^e–SEGPA*. Paris : Retz.
- Graham, J. E., Karmarkar, A. M., & Ottenbacher, K. J. (2012). Small sample research designs for evidence-based rehabilitation : Issues and methods. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(8), S111–S116.

- Hill, D. R. (2016). Phonics based reading interventions for students with intellectual disability : A systematic literature review. *Journal of Education and Training Studies*, 4(5), 205–214. <https://doi.org/10.11114/jets.v4i5.1472>
- Horner, R. H., Carr, E. G., Halle, J., McGee, G. G., Odom, S., & Wolery, M. (2005). The use of single-subject research to identify evidence-based practice in special education. *Exceptional Children*, 71(2), 165–179.
- Inserm (Institut national de la santé et de la recherche médicale) (2016). *Déficiences intellectuelles*. Montrouge : EDP Sciences.
- Institute of Education Sciences (IES) (2018). What Works Clearinghouse. Repéré à <https://ies.ed.gov/ncee/wwc>
- Joseph, L. M., & Seery, M. E. (2004). Where is the phonics ? A review of the literature on the use of phonetic analysis with students with mental retardation. *Remedial and Special Education*, 25(2), 88–94. <https://doi.org/10.1177/07419325040250020301>
- Lee, J. S., & Ginsburg, H. P. (2009). Early childhood teachers' misconceptions about mathematics education for young children in the United States. *Australasian Journal of Early Childhood*, 34(4), 37–45. <https://doi.org/10.1177/183693910903400406>
- Linder, A.-L., Martini-Willemin, B.-M., Sermier Dessemontet, R., & Martinet, C. (2020). Apprendre à lire aux élèves ayant une déficience intellectuelle, quel défi ! *Revue francophone de la déficience intellectuelle*, 30, 1–14.
- Martinet, C. (2013). Quand les psychologues rencontrent les pédagogues qui rencontrent les enseignants : l'exemple de Scriptum, un outil pour enseigner les stratégies pour mieux copier et orthographier. *ANAE*, 123, 142–148.
- Martinet, C., Cèbe, S., & Pelgrims, G. (2016). *SCRIPTUM : un outil pour apprendre à écrire : copier et orthographier (classes ordinaires et spécialisées)*. Paris : Retz.
- Mayo, E.G. (1945). *The social problems of an industrial civilization*. Boston : Harvard University Press
- Monney, F., Martinet, C., de Chambrier, A.-F., & Rouèche, A. (2016). *PhonoDEL : activités pour développer la conscience phonologique 1P–2P en lien avec le moyen Des Albums pour dire, écrire, lire*. Lausanne : Éditions cantonales.
- National Council of Teachers of Mathematics (2006). *Curriculum focal points for prekindergarten through grade 8 mathematics : A quest for coherence*. Reston : National Council of Teachers of Mathematics.
- National Institute of Child Health and Human Development (NICHD) (2000). *Report of the National Reading Panel : Teaching children to read, an evidence-based assessment of the scientific research literature on reading and its implications for reading instruction* (NIH Publication No. 00-4769). Washington, DC : Government Printing Office.
- National Institut for Literacy (2008). *Developing early literacy – Report of the National Early Literacy Panel : A scientific synthesis of early literacy development and implications for intervention*. National Institut for Literacy.

- Niklas, F., & Schneider, W. (2014). Casting the die before the die is cast : the importance of the home numeracy environment for preschool children. *European Journal of Psychology of Education, 29*(3), 327–345. <https://doi.org/10.1007/s10212-013-0201-6>
- Penneman, J., De Croix, S., Dellisse, S., Dufays, J.-L., Dumay, X., Dupriez, V., Galand, B., & Wyns, M. (2016). Outils didactiques et changement pédagogique : analyse longitudinale de l'appropriation de l'outil *Lirécrire* par des enseignants du secondaire. *Revue française de pédagogie, 197*, 79–98. <https://doi.org/10.4000/rfp.5165>
- Prost, A. (2001). *Pour un programme stratégique de recherche en éducation* (Rapport remis aux ministres de l'Éducation nationale et de la recherche). Repéré à <https://www.vie-publique.fr/rapport/25251-pour-un-programme-strategique-de-recherche-en-education>
- Roux-Baron, I., Cèbe, S., & Goigoux, R. (2017). Évaluation des premiers effets d'un enseignement fondé sur l'outil didactique *Narramus* à l'école maternelle. *Revue française de pédagogie, 4*(201), 83–104. <https://doi.org/10.4000/rfp.7284>
- Scalise, N., Daubert, E., & Ramani, G. B. (2017). Narrowing the early mathematics gap : A play-based intervention to promote low-income preschoolers' number skills. *Journal of Numerical Cognition, 3*(3), 559–581. <https://doi.org/10.5964/jnc.v3i3.72>
- Sermier Dessemontet, R., de Chambrier, A.-F., Martinet, C., Meuli, N., & Linder, A.-L. (2021). Effects of a phonics-based intervention on the reading skills of students with intellectual disability. *Research in Developmental Disabilities, 111*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2021.103883>
- Sermier Dessemontet, R., Linder, A.-L., Martinet, C., & Martini-Willemin, B.-M. (sous presse). A descriptive study on reading instruction provided to students with intellectual disability. *Journal of Intellectual Disabilities*.
- Sermier Dessemontet, R., & Martinet, C. (2016). L'apprentissage de la lecture chez les élèves présentant une déficience intellectuelle. *Revue suisse de pédagogie spécialisée, 3*, 40–47.
- Sermier Dessemontet, R., Martinet, C., de Chambrier, A.-F., Martini-Willemin, B.-M., & Audrin, C. (2019). A meta-analysis on the effectiveness of phonics instruction for teaching decoding skills to students with intellectual disability. *Educational Research Review, 26*, 52–70. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.01.001>
- Sermier Dessemontet, R., Martinet, C., Linder, A.-L., & Martini-Willemin, B.-M. (2019). Élèves avec une déficience intellectuelle en chemin vers la lecture : panorama des pratiques enseignantes. *Revue suisse de pédagogie spécialisée, 2*, 7–14.
- Smith, M. W., Brady, J. P., & Clark-Chiarelli, N. (2008). *Early language and literacy classroom observation tool (K-3)*. Baltimore, MD : Brookes.
- Spooner, F., Knight, V.F., Browder, D.M., & Smith B. R. (2012). Evidence-based practice for teaching academics to students with severe developmental disabilities. *Remedial and Special Education, 33*(6), 374–387. <https://doi.org/10.1177/0741932511421634>

- Yoshikawa, H., Weiland, C., Brooks-Gunn, J., Burchinal, M. R., Espinosa, L. M., Gormley, W. T... & Zaslow, M. J. (2013). *Investing in our future : The evidence base on preschool education* [En ligne]. Repéré à <https://www.fcd-us.org/assets/2016/04/Evidence-Base-on-Preschool-Education-FINAL.pdf>
- Zorman, M., Bressoux, P., Bianco, M., Lequette, C., Pouget, G., & Pourchet, M. (2015). « PARLER » : un dispositif pour prévenir les difficultés scolaires. *Revue française de pédagogie*, 193(4), 57–76.

Notices biographiques

Docteure en psychologie cognitive, **Catherine Martinet** est professeure ordinaire et responsable de l'unité d'enseignement et de recherche de pédagogie spécialisée de la Haute école pédagogique du canton de Vaud (Suisse). Elle est spécialisée dans les difficultés d'apprentissage de la lecture-décodage, de l'écriture, de l'orthographe et de la copie. Elle s'intéresse particulièrement aux dispositifs didactiques et pédagogiques permettant d'aider les élèves en difficulté et/ou celles et ceux qui présentent un trouble du langage ou une déficience intellectuelle.

COURRIEL : CATHERINE.MARTINET@HEPL.CH

Après avoir travaillé plusieurs années comme logopédiste, **Anne-Françoise de Chambrier** a réalisé une thèse de doctorat en logopédie. Elle est maintenant professeure associée à l'unité d'enseignement et de recherche de pédagogie spécialisée de la Haute école pédagogique du canton de Vaud (Suisse). Elle est spécialisée dans l'acquisition du langage oral/écrit et des compétences numériques/arithmétiques, ainsi que dans les troubles en la matière. Elle s'intéresse particulièrement aux dispositifs d'enseignement et aux aménagements pédagogiques favorisant l'apprentissage d'élèves rencontrant des difficultés d'acquisition dans ces domaines ou des troubles développementaux (troubles dys, déficience intellectuelle).

COURRIEL : ANNE-FRANÇOISE.DE-CHAMBRIER@HEPL.CH

Après avoir travaillé quelques années comme enseignante spécialisée, **Rachel Sermier Dessemontet** a réalisé une thèse de doctorat sur l'intégration scolaire des élèves ayant une déficience intellectuelle. Par la suite, elle s'est spécialisée dans l'enseignement-apprentissage de la lecture et des mathématiques à des élèves ayant une déficience intellectuelle avec ou sans trouble du spectre de l'autisme ; elle a mené plusieurs projets de recherche à ce sujet. Elle est actuellement professeure ordinaire à l'unité d'enseignement et de recherche de pédagogie spécialisée de la Haute école pédagogique du canton de Vaud (Suisse).

COURRIEL : RACHEL.SERMIER@HEPL.CH

Axe 3 : Collaborations effectives ou en émergence

Comment la didactique des mathématiques peut-elle informer l'étude de la cognition numérique ? L'exemple d'une étude collaborative autour de la pédagogie Montessori à l'école maternelle

Marie-Line Gardes, Marie-Caroline Croset, Philippine Courtier, Jérôme Prado

CNRS et Université de Lyon

RÉSUMÉ – Les études sur l'apprentissage des mathématiques ont tout à gagner de regards croisés et pluridisciplinaires, notamment entre les sciences cognitives et les sciences de l'éducation. Plus particulièrement, la didactique des mathématiques semble pertinente pour apporter des informations complémentaires à l'étude de la cognition numérique. Dans cet article, nous présentons les points de convergences et les spécificités de chacun de ces domaines scientifiques puis nous illustrons les apports d'une approche pluridisciplinaire en discutant d'une étude que nous avons récemment menée sur l'apprentissage des mathématiques au sein de la pédagogie Montessori à l'école maternelle. Nous montrons en quoi le regard didactique a permis de concevoir une méthodologie de recherche à la fois quantitative et qualitative, de questionner et élaborer des outils de mesure et d'interpréter les résultats obtenus.

MOTS CLÉS – cognition numérique, didactique des mathématiques, recherches qualitatives et quantitatives, apprentissage du nombre, Montessori

Introduction : cognition numérique et didactique des mathématiques

L'apprentissage des mathématiques est un processus complexe nécessitant l'acquisition et la maîtrise de nombreux concepts et automatismes qui sont pour la plupart acquis dans la salle de classe. Il paraît donc naturel de penser que la compréhension de la façon dont les mathématiques sont assimilées et représentées par le cerveau devrait être informée par la façon dont elles sont enseignées aux enfants. Pourtant, le dialogue entre chercheurs en sciences cognitives et chercheurs spécialisés dans l'enseignement des mathématiques a longtemps été peu existant et reste encore rare à l'heure actuelle. Cela est notamment le cas en France, où la communauté de la didactique des mathématiques reste relativement dissociée de la communauté des chercheurs étudiant la cognition numérique.

L'objectif de cet article est de montrer en quoi les recherches sur l'apprentissage des mathématiques peuvent s'enrichir d'un plus grand dialogue entre les champs de la didactique des mathématiques et de l'étude de la cognition numérique. Pour ce faire, nous prenons l'exemple de notre équipe de recherche. Cette équipe est relativement unique en France parce qu'elle est composée de chercheurs en didactique des mathématiques, mais aussi de chercheurs en psychologie et en neurosciences qui s'intéressent à l'étude de la cognition numérique chez l'enfant.

Dans cet article, nous nous proposons d'illustrer les apports de cette approche pluridisciplinaire en discutant d'une étude que nous avons récemment menée sur l'apprentissage des mathématiques dans le cadre de la pédagogie Montessori. Dans une première partie, nous présentons un regard historique sur l'émergence de l'étude de la cognition numérique et de la didactique des mathématiques en tant que domaines de recherche. Dans la seconde partie de l'article, chaque section sera dédiée à l'explicitation d'un moment de l'étude où nous pensons que la didactique des mathématiques a pu enrichir cette recherche, initialement inspirée par une méthodologie issue des sciences cognitives. Cela permettra de comprendre les liens et ruptures, entre autres historiques, entre ces deux domaines et de présenter un certain nombre de notions qui permettront de mieux comprendre notre recherche collaborative.

Perspective historique sur l'émergence de l'étude des deux domaines de recherche

L'étude de la cognition numérique

L'étude de la cognition numérique trouve ses fondations dans la « révolution cognitive » des années 1950 et 1960 (Miller, 2003). Ce mouvement a conduit à la transformation en profondeur de la psychologie, avec une perte d'influence du behaviorisme au profit de la psychologie cognitive. Les behavioristes, tels que Skinner, Thorndike, et Watson, considéraient que les activités mentales ne pouvaient pas être directement observables et donc que la psychologie devait se concentrer sur l'étude objective du comportement (le cerveau étant vu comme une boîte noire). L'un des inconvénients majeurs de cette approche est qu'elle ne s'intéresse pas à l'étude des processus mentaux, ce qui a fait dire au linguiste Noam Chomsky (une figure majeure de la révolution cognitive) que définir la psychologie comme la science du comportement serait comme définir la physique comme la science de la lecture de mesures (Miller, 2003).

Cette limite majeure, associée à l'émergence des sciences computationnelles et de l'intelligence artificielle, a poussé des linguistes et psychologues comme Chomsky, Wason ou Miller à s'écarter du behaviorisme pour s'intéresser à l'étude scientifique des processus mentaux, comme la mémoire, l'attention, le langage ou le raisonnement. Étant donné que la cognition numérique peut être vue comme reposant sur la coordination de ces différentes activités mentales, son exploration n'a donc pu être initiée qu'avec la révolution cognitive. Mais cette exploration n'a vraiment pris son essor que dans les années 1980 et 1990 avec notamment l'émergence de modèles théoriques de la cognition numérique humaine (Dehaene & Cohen, 1995 ; McCloskey, Caramazza, & Basili, 1985).

Bien que toute description d'un champ de recherche ait une part de subjectivité, il est intéressant de noter que l'étude de la cognition numérique a été influencée par plusieurs grands domaines au cours des années. Nous nous inspirons ici de la perspective historique de LeFevre (2016), une psychologue qui a joué un rôle majeur dans l'expansion de l'étude de la cognition numérique au cours des dernières décennies.

Une première influence provient de la psychophysique, qui est l'étude des relations entre les stimulus physiques et les sensations et perceptions associées à ces stimulus (Stevens, 2017). Une grande partie des théories classiques dans le domaine de la cognition numérique sont en effet influencées par des mesures comportementales effectuées lors d'expériences de psychophysique. On peut par exemple citer l'effet de distance, qui décrit le fait que lorsque des participants comparent deux nombres, la rapidité et

la précision de la comparaison sont affectées par la distance entre les deux nombres (Moyer & Landauer, 1967). La psychophysique garde toujours une place importante dans l'étude de la cognition numérique (Halberda, Mazocco, & Feigenson, 2008).

Une autre approche influente est l'approche s'intéressant au traitement de l'information. Celle-ci a notamment joué un rôle majeur dans la compréhension des représentations et des processus mis en jeu lors du calcul arithmétique (Ashcraft, 1992 ; Fayol & Thevenot, 2012). Par exemple, la mesure chronométrique des temps de réponses associés à la résolution d'opérations arithmétiques élémentaires permet d'éclairer les stratégies et processus mis en jeu par les participants pour résoudre ces opérations. Bien que ce domaine de recherche ait émergé dans les années 1970 (Groen & Parkman, 1972), cette méthode est toujours largement utilisée à l'heure actuelle et reste plus que jamais au cœur de débats importants (Chen & Campbell, 2017).

Une troisième influence vient de la neuropsychologie, qui s'intéresse aux relations entre lésions cérébrales et compétences cognitives. Elle a par exemple permis l'émergence des théories s'intéressant à la représentation des nombres dans l'esprit humain (Dehaene & Cohen, 1995). Les études de neuropsychologie se sont vues largement complétées dans le courant des dernières décennies par les études de neuroimagerie (Ansari, 2008 ; Nieder & Dehaene, 2009).

Une quatrième dimension provient de la psychométrie, c'est-à-dire le domaine de recherche qui s'intéresse à la mesure des performances des individus. Les outils psychométriques sont essentiels aux chercheurs s'intéressant aux différences individuelles vis-à-vis des compétences mathématiques. Par exemple, c'est sur ces mesures que reposent les efforts de définition du trouble de l'acquisition des mathématiques ou dyscalculie (Iuculano, 2016 ; Kaufmann & von Aster, 2012).

Un cinquième domaine est la psychologie développementale. Cette approche a ses racines dans le travail sur l'acquisition du nombre de Jean Piaget (Piaget, 1952), qui postulait que le nombre se construit par stades successifs au cours du développement. L'un des tournants théoriques majeurs de ces dernières décennies a été la remise en cause de cette vision. Notamment, certaines expériences de psychologie développementale suggèrent que l'apprentissage des mathématiques pourraient impliquer des mécanismes innés dédiés au traitement des quantités numériques non symboliques (Feigenson, Libertus, & Halberda, 2013).

Enfin, LeFevre mentionne – dans son tour d'horizon des domaines influençant l'étude de la cognition numérique – les sciences de l'éducation (LeFevre, 2016). Cependant, nous pensons qu'il convient ici d'être un peu plus réservé. Ainsi, les chercheurs en sciences cognitives sont probablement

plus que jamais intéressés à véritablement dialoguer avec le monde de l'éducation (Ansari, De Smedt, & Grabner, 2012 ; Gardes & Prado, 2016). L'une des motivations majeures de ces chercheurs est sans nul doute d'informer l'enseignement à partir de ce que l'on sait des représentations et processus mentaux mis en jeu par les apprenants. Mais il faut à notre sens relativiser cette interaction entre le champ de la cognition numérique et le monde de l'éducation pour deux raisons majeures. Premièrement, comme pour d'autres domaines de psychologie cognitive, il n'est jamais aisé de traduire des résultats obtenus en laboratoire en pratiques dans la salle de classe (Bruer, 1997 ; Gardes & Prado, 2016). Deuxièmement, s'il est incontestable que les chercheurs en sciences cognitives s'intéressent de plus en plus au monde de l'éducation, notamment comme terrain d'observation, d'expérimentation et d'évaluation, ils peuvent avoir une connaissance limitée des recherches existantes en sciences de l'éducation. Pourtant, elles sont nombreuses ; en particulier, dans un domaine de recherche en éducation spécifiquement dédié à l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques, la didactique des mathématiques.

La didactique des mathématiques

La didactique des mathématiques française est une discipline scientifique récente qui a émergé dans les années 1960–1970. Elle étudie les phénomènes d'apprentissage et d'enseignement des mathématiques, particulièrement en contexte scolaire. En France, elle s'est construite dans un contexte particulier, celui de la réforme des mathématiques modernes (entrée en vigueur en 1970). Cette réforme s'est appuyée, d'une part sur la restructuration des mathématiques initiée par le groupe Bourbaki et d'autre part, sur les travaux en psychologie du développement initiés par Piaget (1952). Pour aider à la mise en place de cette réforme « sur le terrain », les Instituts de recherche sur l'enseignement des mathématiques (IREM), nés en 1969, ont mis en relation des professeurs de mathématiques de l'enseignement secondaire et des universitaires. Leurs missions étaient « d'une part, de former les maîtres aux mathématiques modernes et de leur permettre ainsi de s'adapter aux modifications des programmes, d'autre part de promouvoir, d'organiser l'innovation pédagogique dans le cadre de ces nouveaux programmes et d'en diffuser les résultats » (Artigue & Douady, 1986). Les IREM ont ainsi favorisé le rapprochement entre des problématiques de recherche et des problèmes d'enseignement (Margolinas, 2005). Dès 1973, la réforme des maths modernes est remise en cause et il s'en suivra de nombreuses réformes successives.

Au niveau international, les recherches sur l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques se développent également avec la naissance de revues (*Educational Studies in Mathematics* en 1968, *ZDM* en 1969) et de conférences (CIEAEM en 1950, *Psychology of Mathematics Education* depuis

1976). Cependant, ces recherches ont rarement conduit à l'émergence d'une discipline scientifique autonome et reconnue (sauf en Allemagne) et ont plutôt été rattachées à d'autres disciplines (mathématiques, sciences de l'éducation ou psychologie cognitive) (Artigue & Douady, 1986 ; Schubring, 1983). La didactique des mathématiques française a donc émergé dans un contexte spécifique et au sein du réseau des IREM. Trois pôles semblent fondateurs (Artigue & Douady, 1986) et distinguent la didactique de la psychologie.

Le premier pôle est l'importance accordée aux savoirs mathématiques et à leur épistémologie. Une analyse épistémologique permet de comprendre les conditions d'émergence d'un savoir et de mieux cerner la transmission et l'acquisition des connaissances ainsi que les conceptions associées des élèves. Par exemple, une analyse mathématique et épistémologique de la notion de nombre décimal permet de mettre en évidence les ruptures et continuités des nombres décimaux avec les nombres entiers. En effet, contrairement aux nombres entiers, entre deux nombres décimaux on peut toujours intercaler un nombre décimal (p. ex. entre 2,52 et 2,53, on peut intercaler 2,525, alors qu'entre les nombres 3 et 4, on ne peut pas intercaler d'entier). Il s'agit de la propriété de densité de l'ensemble des nombres décimaux. Cette analyse a eu des impacts sur l'enseignement en France : les nombres décimaux sont maintenant introduits à partir des fractions décimales car une introduction par les unités métriques ne favorise pas le travail sur cette propriété de densité.

Le deuxième pôle réside dans la volonté de traiter les problématiques posées par l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques dans un contexte écologique, c'est-à-dire en situation scolaire et en menant des expérimentations dans les classes. Dès les années 1970, Brousseau considère la didactique des mathématiques comme une *science expérimentale*, qui nécessite des recherches fondamentales visant à comprendre l'évolution des connaissances des élèves en contexte scolaire. Les expérimentations en contexte écologique permettent une validation des résultats. Les recherches en didactique ne se réduisent donc pas à des recherches applicatives même si leurs résultats peuvent à terme (et on l'espère) contribuer à l'amélioration du fonctionnement de l'enseignement scolaire (Margolinas, 2005).

Enfin, le troisième pôle est la volonté d'élaborer un champ théorique spécifique avec ses problématiques, ses objets de recherche et ses méthodes de recherche propres. Ce qui caractérise la didactique des mathématiques par rapport à d'autres domaines sur lesquels elle s'appuie, c'est son approche systémique (Artigue & Douady, 1986) de trois éléments : l'élève, le savoir mathématique et l'enseignant. Elle se démarque ainsi des mathématiques et de l'épistémologie qui se focalisent uniquement sur le savoir et de la psychologie qui se centre principalement sur l'élève (en tant qu'individu). Les expérimentations en situation de classe ont existé dès le début et ont

permis de développer, sur le plan théorique et expérimental, une nouvelle méthodologie de recherche prenant en compte la complexité de la classe : l'ingénierie didactique. Elle consiste à faire une analyse à priori des effets possibles, fondée sur un recueil de données portant sur le système élève-enseignant-savoir, d'observer les effets produits et de les comparer aux prévisions.

Au final, l'importance accordée à l'épistémologie des savoirs et à leur diffusion en milieu scolaire a probablement contribué à singulariser la didactique des mathématiques de l'étude de la cognition numérique. A l'instar de nombreux chercheurs (p. ex. Brun, Vergnaud, Duval, Rogalski, Sander, Roditi) qui ont toujours cherché à construire des passerelles entre ces deux domaines, nous sommes convaincus que la didactique des mathématiques comme l'étude de la cognition numérique peuvent bénéficier d'une plus grande interaction. Il est probable que l'un des moyens les plus efficaces pour promouvoir cette interaction est de mettre en place des projets communs permettant d'articuler les apports des deux disciplines. C'est ce que nous proposons de montrer dans la suite de cet article.

Un projet à la croisée de l'étude de la cognition numérique et de la didactique des mathématiques : l'apprentissage des mathématiques à l'école maternelle Montessori

Contexte de l'étude

L'étude que nous allons discuter ici a démarré en 2015, quand des enseignants d'une école maternelle de l'enseignement public français sont venus solliciter notre équipe de recherche car ils utilisaient la pédagogie Montessori dans leurs classes. Cette école était située dans un quartier défavorisé de la banlieue de Lyon, comme en attestait son inclusion dans le Réseau d'éducation prioritaire renforcé (REP+) du système éducatif français.

Très brièvement, la pédagogie Montessori a été créée par Maria Montessori au début du 20^e siècle (Montessori, 2015). Celle-ci comporte plusieurs éléments importants qui la distinguent d'autres méthodes (Courtier, 2019). Par exemple, les classes Montessori sont systématiquement organisées par tranches d'âge de trois ans (3 à 6 ans pour l'école maternelle). Les élèves peuvent circuler librement dans la classe et les tables sont disposées de manière à favoriser le travail individuel. Les classes sont également très organisées avec des espaces dédiés à chaque discipline et ne sont présents

que des supports didactiques favorisant l'action et la manipulation. Chaque type de support est à disposition des élèves en un seul exemplaire dans la classe. Chaque support est conçu pour enseigner un seul et unique aspect d'un concept. Il est pensé selon les principes affichés de la pédagogie, sur la rétroaction correctrice qui est incorporée directement dans le support. La pédagogie Montessori n'utilise ni de manuel scolaire ni de fiche ; elle met l'accent sur le libre choix des activités. Elle n'utilise également pas de système d'évaluation explicite.

Les enseignants qui nous ont contactés étaient donc soucieux d'évaluer les bénéfices éventuels d'une telle pédagogie sur les enfants. Ainsi, nous avons construit un protocole de recherche pour évaluer les effets de leur enseignement sur le développement et les apprentissages de leurs élèves. Mais nous l'avons fait en adoptant un regard pluridisciplinaire provenant à la fois de la psychologie cognitive et de la didactique des mathématiques.

Ce regard pluridisciplinaire nous a d'emblée permis d'approcher l'étude un peu différemment des quelques études existantes qui se sont intéressées à la pédagogie Montessori par le passé (Denervaud & Gentaz, 2015 ; Marshall, 2017). Ainsi, les études précédentes ont toujours cherché à expliquer les différences de résultats éventuels entre l'enseignement conventionnel et l'enseignement Montessori en se plaçant au niveau de la pédagogie plutôt qu'au niveau de la discipline (Ansari & Winsler, 2014 ; Denervaud, Knebel, Haggmann, & Gentaz, 2019 ; Lillard, *et al.*, 2017). Ceci est peut-être dû au fait que les études ont adopté le prisme des sciences cognitives pour approcher cette question.

En effet, beaucoup d'aspects de la pédagogie Montessori sont en accord avec la recherche en psychologie cognitive. Par exemple, une idée essentielle dans la méthode Montessori est que la réflexion et l'apprentissage sont favorisés par le geste et l'action, de telle sorte que les exercices d'apprentissage impliquent souvent des mouvements du corps. Ce recours à l'action et au geste fait écho à la recherche cognitive sur la cognition incarnée qui montre que l'action est étroitement liée à la cognition dans l'esprit humain (Núñez, Edwards, & Matos, 1999).

Un autre exemple est l'absence de toute forme de récompense extérieure ou de punition. Des études psychologiques classiques ont depuis longtemps montré que les récompenses peuvent diminuer considérablement la motivation pour des tâches que les élèves apprécient lorsque la récompense est enlevée (Deci, Koestner, & Ryan, 1999). Enfin, un troisième exemple est l'accent mis sur la concentration et le contrôle de soi tout au long des activités et de l'organisation du travail. La recherche en sciences cognitives a également montré que ces facultés de concentration, qui font parties des fonctions exécutives, sont extrêmement importantes pour le succès à l'école et dans la vie (Diamond, 2013). Au final, il est clair que plusieurs principes à la base de la

pédagogie Montessori apparaissent cohérents avec la recherche en sciences cognitives.

Pendant, il est aussi important de considérer que l'élève est, avant tout, sujet didactique d'une situation d'enseignement. Ainsi, si un groupe d'élèves réussit mieux qu'un autre, des explications peuvent, aussi, être cherchées au niveau de la discipline et de son enseignement, spécificités de la didactique, comme nous l'avons explicité ci-avant. De plus, une analyse didactique des contenus mathématiques proposés dans cette pédagogie semble possible et pertinente puisqu'ils sont accessibles à travers les écrits de Maria Montessori (Montessori, 2016).

Nous allons maintenant détailler trois moments de notre étude qui montrent comment ce regard didactique a pu enrichir et informer le projet : lors de la conception de la méthodologie de recherche, lors du choix des tests pour évaluer les compétences numériques des élèves, et lors de l'interprétation des résultats. Bien que l'étude porte sur diverses compétences, comme le contrôle exécutif, les compétences sociales, et les compétences langagières, le présent article¹ se focalise sur l'aspect qui a probablement le plus bénéficié de ce regard didactique : l'acquisition des compétences mathématiques.

Conception de la méthodologie de recherche

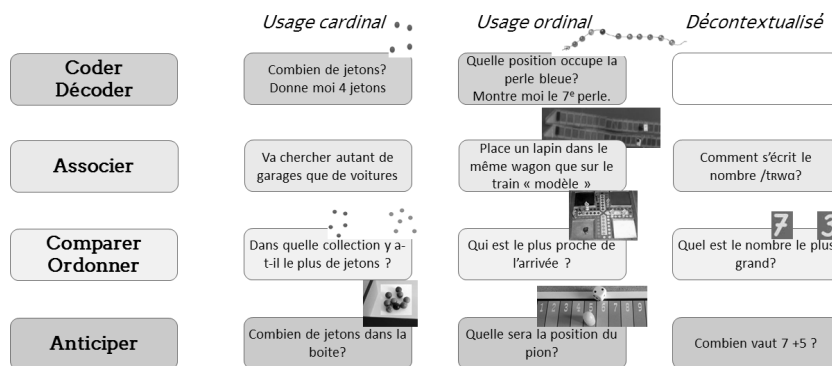
Le projet s'est initialement construit autour d'un design expérimental particulièrement utilisé dans les recherches en sciences cognitives, à savoir une étude randomisée contrôlée de la pédagogie Montessori. En d'autres termes, parce que les enfants étaient assignés aléatoirement dans une classe Montessori ou conventionnelle, il était possible d'avoir une répartition homogène des groupes et d'évaluer l'effet causal de la pédagogie Montessori sur le développement et les apprentissages sans que cet effet soit dû à un biais de sélection. Ce type de design expérimental constitue clairement une force de l'étude car on le retrouve rarement dans les précédentes études sur la pédagogie Montessori. Notre étude a également été conçue pour inclure des analyses à la fois transversales et longitudinales. En d'autres termes, l'idée était de comparer les aptitudes des enfants en toute fin d'école maternelle en fonction du type de pédagogie qu'ils avaient suivi (aspect transversal), mais également de suivre les progrès des enfants de l'entrée (à 3 ans) à la fin (6 ans) de l'école maternelle (aspect longitudinal). Au final, l'étude a pu inclure 176 enfants dans son aspect transversal et 70 dans son aspect longitudinal.

Mais l'une des grandes particularités de notre étude a sûrement été la décision d'inclure également des analyses *qualitatives* didactiques qui complèteraient la méthodologie *quantitative* décrite ci-dessus. Pourquoi ce

1. Le lecteur intéressé par l'étude complète peut se référer à Courtier (2019).

choix ? D'un point de vue didactique, il nous semblait pertinent, d'une part, de mieux connaître la pédagogie Montessori et les enseignements mathématiques proposés, et d'autre part d'interroger les différences entre les contenus à enseigner autour de la construction du nombre dans les classes Montessori et dans les classes conventionnelles. Cela paraissait nécessaire afin d'expliquer le plus précisément possible certaines différences au niveau de la discipline, et non d'en rester à des raisons pédagogiques. Nous avons donc cherché à analyser les tâches mathématiques à disposition des enseignants dans les deux systèmes pédagogiques. En appui sur des recherches en didactique des mathématiques (Margolinas & Wozniak, 2012) et en cognition numérique (Fayol, 2012), nous avons élaboré une carte des connaissances en jeu dans la construction du nombre (Croset & Gardes, 2019, 2020). Cette carte répertorie onze types de tâches catégorisés selon l'usage du nombre : l'usage peut être cardinal au sens où le nombre est utilisé comme la mesure d'une quantité, il peut être ordinal au sens où le nombre indique une position et enfin, le nombre peut être utilisé en dehors de tout contexte pratique (i.e. décontextualisé). Pour chaque usage, le type de tâches peut relever d'un travail de codage/décodage, d'association d'un nombre à un autre nombre, de comparaison ou encore d'anticipation du résultat suite à une action. Des exemples sont donnés dans la figure 1.

Figure 1. Carte des connaissances en jeu pour la construction du nombre (Croset & Gardes, 2020).



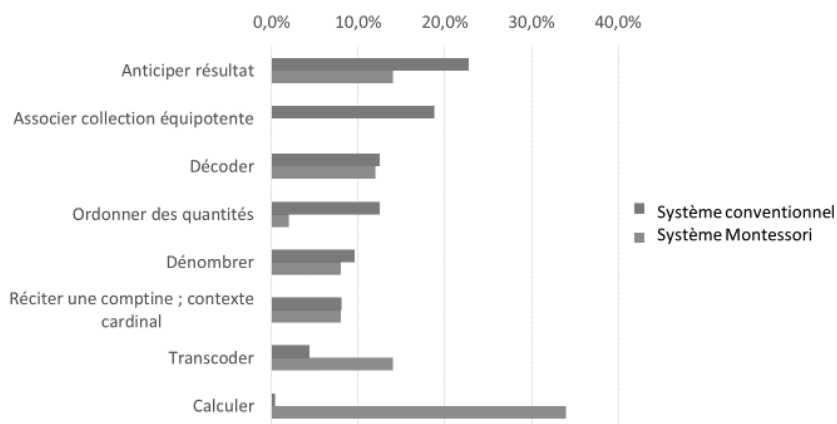
Le positionnement des types de tâches proposés dans le système d'enseignement Montessori et dans le système d'enseignement conventionnel a permis de mettre en évidence des différences didactiques claires entre les deux systèmes. La première différence concerne le nombre de tâches proposées à l'enseignant dans les ressources qu'il utilise. Bien que les enseignants français soient libres de choisir leur manuel scolaire, un manuel semble être majoritairement utilisé. Nous avons fait passer un questionnaire auprès de 270 enseignants d'école maternelle. 70% d'entre eux affirment que leur document principal pour préparer leurs séquences de mathématiques

est le manuel *Vers les maths* des éditions Accès (Duprey, Duprey, & Sautenet, 2016). Or, dans ce manuel, 241 tâches différentes sur la construction du nombre sont proposées aux enseignants contre seulement 48 tâches dans le système d'enseignement Montessori (Montessori, 2016). Il y a donc une diversité de tâches dans le système conventionnel contre un choix épuré dans le système Montessori. Dans le système conventionnel, l'élève est donc confronté à une même notion dans une diversité de contextes avec du matériel différent d'une tâche à l'autre. Dans le système Montessori, l'élève est amené à répéter la même tâche plusieurs fois dans un même contexte, avec un même matériel jusqu'à une certaine expertise de la tâche.

La seconde différence concerne les types de tâches pris en charge. Ces derniers ne sont en effet pas les mêmes dans les deux systèmes d'enseignement (fig. 2). Le calcul, à partir de codes symboliques, ressort très largement dans l'enseignement Montessori tandis que l'anticipation de résultats à partir de quantités d'objets et la construction de collections équipotentes (i.e. construire des collections de mêmes quantités) sont mises en avant dans le système conventionnel. Certains types de tâches apparaissent toutefois autant dans les deux systèmes, par exemple, le décodage ou le dénombrement.

La troisième différence concerne l'usage du nombre. Dans le système conventionnel, l'accent est mis sur le contexte cardinal tandis que dans le système d'enseignement Montessori, le code symbolique est très présent. Le contexte ordinal, lui, est absent du système d'enseignement Montessori et très peu présent dans le système conventionnel. La quatrième différence concerne le temps dédié à la construction du nombre. Il est nettement plus

Figure 2. Comparaison de la fréquence des types de tâches les plus présents dans les deux systèmes d'enseignement. Ces huit types de tâches couvrent 90 % des tâches dans chacune des institutions.



restreint dans l'enseignement Montessori : environ un an et demi de la scolarité (entre 4 et 5 ans) y est consacré contre trois ans (entre 3 et 6 ans) dans l'enseignement conventionnel.

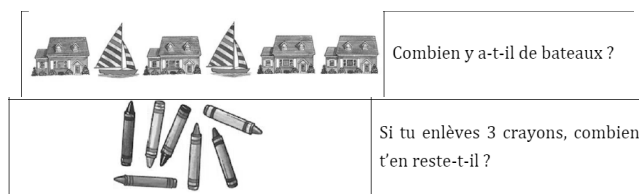
Comme nous allons le décrire ci-après, ces différences ont pu apporter un éclairage didactique dans l'interprétation des résultats.

Choix des tests pour évaluer les compétences numériques des élèves

Le second moment où le regard didactique a influencé le projet de recherche concerne le choix des tests pour évaluer les compétences numériques des enfants. Il était important de proposer des tests utilisés fréquemment dans la recherche en cognition numérique d'une part et de pouvoir évaluer l'acquisition des attendus de fin de cycle 1 en France d'autre part ; les deux n'ayant pas nécessairement la même couverture de compétences.

Du point de vue de la recherche en cognition numérique, nous avons choisi le test standardisé *Applied Problems* de la batterie du Woodcock-Johnson III (Woodcock, McGrew, & Mather, 2001), batterie qui est utilisée en psychologie pour évaluer un large éventail de capacités cognitives. Ce test permet de mesurer la capacité à analyser et résoudre des problèmes mathématiques. Notre choix s'est porté sur ce test pour deux raisons principales. Premièrement, le contenu du test *Applied Problems* permet de mesurer plusieurs compétences numériques de cycle 1, dont le dénombrement et la résolution de problèmes d'ajouts ou de retraits (cf. fig. 3). Deuxièmement, le test a déjà été utilisé pour mesurer les capacités mathématiques d'enfants de classes Montessori. Ceci permet donc une comparaison de nos résultats avec des études précédentes (p. ex. Lillard, *et al.*, 2017).

Figure 3. Exemple d'items du sous-test Applied Problem du WJ-III.



Mais ici aussi le regard didactique a pu apporter un éclairage pertinent sur ce test (et notamment ses lacunes). En effet, une analyse en lien avec la carte de connaissances (cf. fig. 1) montre que les trente premiers items de ce test évaluent principalement du codage/décodage (onze items) et de la résolution de problèmes additifs (11 items). Il n'y a ni d'item consacré à la comparaison de nombres, ni d'item de construction de collections équipoi-

tentes ou encore d’item avec un usage ordinal du nombre. Un regard plus fin peut même permettre de repérer que les trois problèmes modélisables par une addition sont des problèmes d’ajout et dix des onze problèmes modélisables par une soustraction sont des problèmes de retrait avec question sur l’état final (Vergnaud, 1982). La capacité de faire une addition dans des problèmes de retrait avec question sur l’état initial n’est pas évaluée. De plus, dans les problèmes de retrait avec question sur l’état final, la présence des objets de la collection initiale peut permettre à l’élève de seulement barrer (perceptivement) ce qui a été enlevé et compter ce qui reste (fig. 3). Il est donc difficile de savoir si les élèves mobilisent réellement une soustraction dans cet item. Nous avons donc choisi, en plus de ces tests, de construire une évaluation diagnostique pour évaluer les compétences numériques de cycle 1, en appui sur notre travail de cartographie (Croset & Gardes, 2019, 2020) et sur les attendus des programmes de cycle 1 de l’école maternelle (MEN, 2015). Cette évaluation se compose de onze tâches qui évaluent les compétences numériques suivantes :

- Réciter la comptine numérique² (tâche nommée T1 dans la suite).
- Déterminer le cardinal d’une collection donnée (nommée T2), Construire une collection d’un cardinal donné (nommée T3) [Coder/Décoder, usage cardinal].
- Résoudre des problèmes arithmétiques à une étape (d’ajout et de retrait d’objets dans une collection, où la question porte sur l’état final) (nommées T4, T7, T8) [Anticiper, usage cardinal].
- Construire une collection équipotente à une collection éloignée (nommée T5) [Associer, usage cardinal].
- Comparer le cardinal de deux collections (nommée T6), [Comparer, usage cardinal].
- Reconnaître des nombres écrits en chiffres (nommée T9) [Coder/Décoder, usage décontextualisé].
- Nommer une position (nommée T10) [Coder/Décoder, usage ordinal].
- Reproduire la position équivalente à celle donnée (nommée T11) [Associer, usage ordinal].

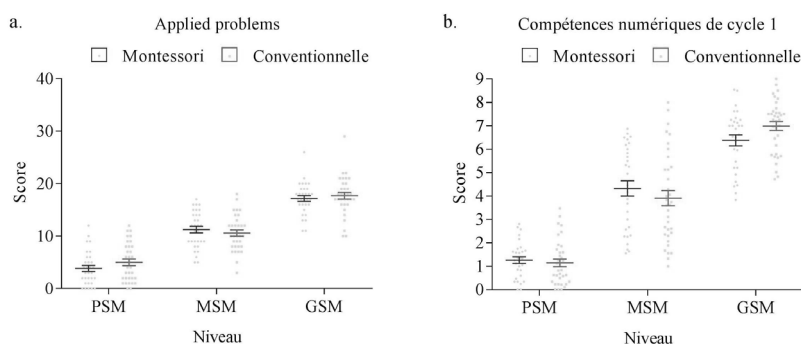
L’enjeu de cette évaluation diagnostique était de mener une étude qualitative des compétences numériques des élèves des classes de l’école maternelle impliquées dans la recherche en analysant plus précisément la maîtrise des concepts en jeu. En outre, cette étude permettait également de recueillir des données quantitatives sur chaque tâche proposée.

2. Cette tâche n’est pas répertoriée dans la carte des connaissances (fig. 1) car nous la considérons comme une connaissance prérequis pour la construction du nombre.

Interprétation des résultats

Comme décrit plus en détail ailleurs (Courtier, 2019), l'analyse statistique des résultats n'a pas montré de différences significatives en ce qui concerne les compétences mathématiques entre les enfants issus des classes Montessori et ceux des classes conventionnelles. Cela était le cas pour le test *Applied Problems* du Woodcock-Johnson III (cf. fig. 4a) comme pour l'analyse quantitative des données issues de l'évaluation diagnostique pour évaluer les compétences numériques de cycle 1 (cf. fig. 4b). Ainsi, et bien que l'étude dispose d'un échantillon limité (même s'il reste conséquent pour ce type d'étude), les enfants issus des classes Montessori n'ont pas de performances plus élevées que les enfants issus des classes conventionnelles en ce qui concerne plusieurs connaissances mathématiques.

Figure 4. (a) Performance des enfants dans le sous-test Applied Problems du WJ-III en fonction de la classe et de la pédagogie. (b) Performance des enfants dans l'évaluation diagnostique des compétences numériques en fonction de la classe et de la pédagogie.



Chaque point désigne un enfant. Les barres d'erreur correspondent à l'erreur standard. PSM signifie Petite section d'école maternelle (3–4 ans) ; MSM, Moyenne section d'école maternelle (4–5 ans) ; et GSM, Grande section d'école maternelle (5–6 ans).

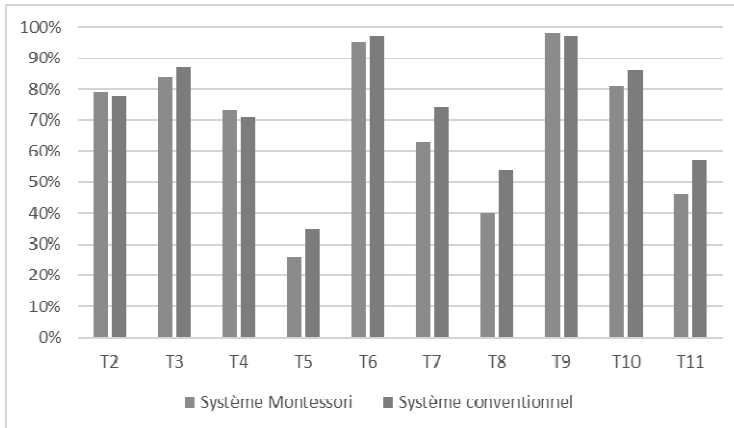
Le point de vue didactique permet d'éclairer ces résultats, notamment en les mettant en perspective avec les différentes compétences travaillées dans les deux systèmes d'enseignement.

Si on regarde le détail des résultats par type de tâches (cf. fig. 5), on peut constater que

- certaines tâches sont très bien réussies par les deux groupes d'élèves, comme la comparaison de collections (T6) et la reconnaissance d'écritures chiffrées (T9) ;

- d'autres sont peu réussies par les deux groupes d'élèves, comme la création d'une collection équipotente (T5), l'anticipation d'un résultat dans une situation de retrait (T8) ou l'utilisation du nombre dans un contexte ordinal (T11).

Figure 5. Comparaison des résultats des élèves par type de tâches³.



Pour analyser ces résultats au regard de notre étude didactique, nous pouvons distinguer trois entrées. La première est l'analyse des résultats pour les tâches qui sont autant travaillées dans les deux systèmes d'enseignement. D'après notre étude (cf. fig. 2), les tâches de récitation de la comptine numérique (T1), dénombrement d'une collection (T2) et constitution d'une collection d'objets de cardinal donné (T3) sont proposées en quantité similaire aux enseignants des deux systèmes. Sous l'hypothèse qu'il en soit de même dans ce qui est réellement enseigné, il n'est pas étonnant que les élèves des deux groupes obtiennent des résultats similaires sur ces tâches.

La seconde est l'analyse des résultats pour les tâches qui sont davantage travaillées dans le système conventionnel. D'après notre étude, le système conventionnel propose plus (proportionnellement à l'ensemble des tâches proposées) de tâches de résolution de problèmes arithmétiques simples (T4, T7 et T8) et de comparaison de collections (T6) que le système Montessori. De plus, certaines tâches ne sont pas du tout présentes dans l'enseignement Montessori, comme la création d'une collection équipotente (T5) ou l'usage du nombre ordinal (T10 et T11). Ainsi pour ces tâches, nous aurions pu penser que les élèves du système conventionnel réussissent mieux. Or ce n'est pas le cas.

3. La tâche T1, qui demandait à l'élève de réciter la comptine, n'est pas une tâche quantitative et ne peut donc être représentée sur ce graphe.

Enfin, la troisième entrée est l'étude des résultats pour les tâches qui sont davantage travaillées dans le système Montessori. D'après notre étude, ce système propose plus (proportionnellement à l'ensemble des tâches proposées) de tâches de reconnaissance de l'écriture chiffrée (T9) que le système conventionnel. En revanche, les deux groupes d'élèves réussissent autant cette tâche dans l'évaluation diagnostique.

Comment peut-on expliquer ces absences de différences entre les deux groupes au regard de ce qui peut être enseigné dans chaque système ? Bien sûr, une absence de preuve n'est pas une preuve de l'absence et une absence de différence statistique ne démontre pas que les groupes ont des performances similaires. Par exemple, il reste possible que des différences puissent être observées avec un échantillon plus large d'enfants. Cependant, au-delà de ces absences de différences et de l'équivalence apparente des compétences numériques entre les deux groupes, nous nous sommes interrogés sur quatre particularités qui semblent distinguer les deux systèmes éducatifs.

La première concerne le nombre de tâches proposées à l'enseignant. Comme nous l'avons déjà mentionné, quarante-huit tâches sont proposées à l'enseignant dans le système Montessori contre 241 tâches dans le système conventionnel. Ainsi, quand le système Montessori demande à l'élève de répéter une tâche jusqu'à sa parfaite maîtrise, l'enseignement conventionnel multiplie les tâches en les proposant dans des contextes variés. Bien que l'objectif (à savoir, permettre aux élèves de rencontrer la connaissance en jeu dans des contextes variés) soit sûrement louable, nous nous interrogeons sur l'impact que peut avoir cette multiplicité de tâches sur l'apprentissage. En effet, le manuel n'étant pas toujours explicite sur les liens entre ces différentes tâches, l'enseignant peut-il percevoir facilement que plusieurs tâches répondent à un même objectif d'apprentissage ? Et quand bien même il le perçoit, réussit-il à faire comprendre aux élèves l'apprentissage commun visé par ces tâches ? Cet objectif d'enseignement ne nous semble en effet pas facile à atteindre. Cela nous amène donc à nous demander si la répétition jusqu'à la maîtrise d'une tâche (ou de peu de tâches d'un même type) serait d'une efficacité équivalente au traitement de nombreuses tâches diversifiées relevant d'un même type de tâches ?

La deuxième porte sur la nature des objets en jeu. Dans le système d'enseignement Montessori, le matériel pour la construction du nombre est un matériel épuré, spécifique pour les mathématiques (Laski, Jordan, Daoust, & Murray, 2015). Dans le système conventionnel, le matériel est davantage constitué d'objets du monde, c'est-à-dire des objets présents « à l'école et hors de l'école et qui de ce fait évoquent pour l'élève les affects et les usages qu'il connaît déjà » (Laparra & Margolinas, 2017, p. 169). Or le recours à ces objets communs peut avoir un impact sur les apprentissages (Carbonneau, *et al.*, 2013). Dans quelles mesures l'utilisation d'un matériel univoque et de référence pour la construction du nombre (tel que des réglettes

Cuisenaire), à l'opposé des objets du monde (p. ex. des pailles), permettrait d'améliorer les apprentissages ? L'utilisation d'objets spécifiquement conçus pour la construction du nombre aurait-elle une efficacité équivalente voire supérieure à celle d'objets du monde ?

La troisième est le temps d'apprentissage sur les compétences numériques. Le temps institutionnel consacré à l'enseignement de la construction du nombre n'est pas le même dans chacune des deux institutions (un an et demi dans l'enseignement Montessori contre trois ans dans l'enseignement conventionnel). Étant donné que les élèves réussissent aussi bien dans les deux systèmes d'enseignement, on peut se questionner sur l'efficacité de ce qui est réellement enseigné et appris dans le système conventionnel. Le temps institutionnel réduit dans le système Montessori pourrait-il contraindre positivement le temps didactique en obligeant enseignants et élèves à une centration sur la spécificité du savoir, rejoignant ainsi un résultat que Chopin avait déjà obtenu dans ses travaux (Chopin, 2006) ?

La quatrième est un questionnement sur la nature et la complexité de certaines tâches proposées dans l'évaluation diagnostique. Par exemple, pour les tâches 5 et 11, l'ensemble des élèves sont en difficulté. Alors même que ces tâches sont dans les instructions officielles (MEN, 2015), dans tous les manuels et dans les préconisations de la communauté didactique (Margolin & Wozniak, 2012), nous remarquons que les élèves du système conventionnel ne réussissent pas. Ces types de tâches sont-ils compris des enseignants ? Comment sont-ils enseignés ? Malgré les préconisations et travaux sur le sujet, sont-ils accessibles aux élèves ? Ces tâches étant complexes (au sens où elles demandent de mobiliser différentes compétences telles que le dénombrement, le décodage, et requièrent de la mémoire de travail), que nous apprennent exactement leur échec ou leur réussite ? D'un point de vue didactique, la tâche 5 (respectivement la tâche 11) permet d'évaluer le recours spontané au nombre dans un contexte cardinal (respectivement dans un contexte ordinal). Il serait donc intéressant d'étudier les procédures que les élèves ont mobilisées pour résoudre ces tâches. Ces informations ont été recueillies lors de la passation des tests et donneront lieu à des analyses ultérieures didactiques, qualitatives et quantitatives. Ce travail ultérieur consisterait à étudier les procédures utilisées dans chaque institution. Cela pourrait relever l'éventuelle présence de comportements différents malgré l'absence de différence entre les performances.

Ces particularités nous interrogent sur le gain éventuel qu'il y aurait à centrer les apprentissages en école maternelle sur quelques tâches qui pourraient alors devenir des tâches référentes pour les enseignants et de fait, pour les élèves. A l'heure où le gouvernement français s'interroge sur des objectifs ciblés de l'enseignement des mathématiques (Villani & Torossian, 2018), ce type d'analyse semble particulièrement important et devrait

donner lieu à des recherches ultérieures menées conjointement par les deux communautés de recherche.

Conclusion

Nous avons cherché à montrer dans cet article comment la didactique des mathématiques pouvait informer les études en cognition numérique, en particulier celles portant sur l'impact de démarches d'enseignement. Dans notre étude, le regard didactique a tout d'abord influencé la méthodologie de recherche. Une étude épistémologique et didactique du savoir mathématique en jeu (i.e. le nombre entier naturel) a permis de cartographier le domaine évalué (i.e. la construction du nombre à l'école maternelle) et de mettre ainsi en évidence ce qui différencie la pédagogie Montessori du système conventionnel. Le second apport de l'étude didactique se situe sur le plan de l'élaboration des tests. Il y a eu, d'une part, une analyse didactique du sous-test *Applied Problems* du WJ-III, et d'autre part, la construction de l'évaluation diagnostique pour mesurer finement les compétences numériques des élèves à l'école maternelle. Enfin, le troisième apport se situe sur le plan de l'interprétation des résultats puisque le travail didactique a permis de produire des hypothèses plus fines sur les comparaisons des deux groupes. Le positionnement des systèmes d'enseignement au sein de la carte des connaissances (fig. 1) a éclairé en quoi les systèmes différaient et a permis de mettre réussites et échecs des élèves en regard de ce que les systèmes d'enseignement préconisent.

Les premiers résultats suggèrent, cependant, que ces analyses didactiques et statistiques sont à affiner, notamment pour effectuer des hypothèses plus précises et avancer des interprétations porteuses de généralités. En effet, l'étude didactique concernait les documents ressources proposées aux enseignants des deux systèmes. L'écart entre le savoir à enseigner et le savoir enseigné reste à évaluer et cela demande d'aller observer, sur le terrain, les classes participant à l'étude. Une seconde perspective est d'apporter un éclairage sur les procédures utilisées par les élèves pour résoudre une tâche numérique, selon le type de pédagogie suivie ou non.

Bien que les deux communautés aient chacune leur champ de recherche propre, un déterminant commun est la volonté de mener des études en milieu écologique. Nous proposons, pour conclure, une méthodologie commune, un peu idéale, qui pourrait être mise en place lors d'études ultérieures portant sur l'évaluation des apprentissages en classe, croisant étude qualitative et quantitative. Il s'agirait d'une étude randomisée et contrôlée couplée avec des analyses didactiques qui relèvent (en partie) d'une ingénierie didactique, en amont, pendant et en aval de l'évaluation des apprentissages en classe. En effet, il nous semble important :

- d’apporter un éclairage mathématique et épistémologique sur les concepts visés par l’apprentissage, en particulier, pour circonscrire le domaine étudié [en amont] ;
- d’analyser, d’adapter et de construire des tests mesurant des compétences mathématiques précises [en amont] ;
- de faire des analyses à priori de ce qui est enseigné puis de mener des observations qualitatives de ce qui est réellement enseigné [en amont et pendant] ;
- de poser les hypothèses en tenant compte de ce qui est réellement enseigné [en aval] ;
- de croiser les données qualitatives (des analyses à posteriori) et quantitatives en interprétant les résultats [en aval].

Cette méthodologie a l’avantage de combiner validation externe (basée sur la comparaison statistique des performances de groupes expérimentaux et groupes témoins) et validation interne, fondée sur la confrontation entre analyses à priori et analyses à posteriori.

Pour conclure, nous sommes convaincus que les apports méthodologiques entre didactique des mathématiques et sciences cognitives sont mutuels. D’une part, les analyses didactiques sont importantes pour préciser les hypothèses de recherche et expliquer en retour les résultats. D’autres part, les sciences cognitives apportent une méthodologie d’évaluation quantitative des performances (p. ex. grâce à des mesures chronométriques des temps de réponses et des tests psychométriques) et des analyses statistiques qui permettent la généralisation des résultats. Ces recherches pluridisciplinaires peuvent ainsi gagner en robustesse grâce à une double validation interne et externe. Nous avons centré l’article sur les apports méthodologiques mais nous pensons que ce regard pluridisciplinaire va au-delà et permet de questionner les approches théoriques des deux communautés dans leur rapport au savoir mathématique. Pour cela, nous ne pouvons qu’encourager les chercheurs de ces deux domaines à se rapprocher et conduire des études ensemble !

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Artigue, M., & Douady, R. (1986). Note de synthèse. La didactique des mathématiques en France – Emergence d’un champ scientifique. *Revue française de pédagogie*, 76, 69–88. <https://doi.org/10.3406/rfp.1986.1503>
- Ansari, A., & Winsler, A. (2014). Montessori public school pre-k programs and the school readiness of low-income black and latino children. *Journal of Educational Psychology*, 106(4), 1066–1079. <https://doi.org/10.1037/a0036799>
- Ansari, D. (2008). Effects of development and enculturation on number representation in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(4), 278–291. <https://doi.org/10.1038/nrn2334>

- Ansari, D., De Smedt, B., & Grabner, R.H. (2012). “Neuroeducation” – A critical overview of an emerging field. *Neuroethics*, 5, 105–117.
- Ashcraft, M. H. (1992). Cognitive arithmetic : A review of data and theory. *Cognition*, 44(1–2), 75–106.
- Bruer, J.T. (1997). Education and the brain : A bridge too far. *Educational Researcher*, 26(8), 4–16.
- Carbonneau, K.J., Marley, S.C., & Selig, J.P. (2013). A meta-analysis of the efficacy of teaching mathematics with concrete manipulatives. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 380.
- Chen, Y., & Campbell, J.I. (2017). “Compacted” procedures for adults’ simple addition : A review and critique of the evidence. *Psychonomic Bulletin and Review*, 25, 739–753. <https://doi.org/10.3758/s13423-017-1328-2>
- Chopin, M.P. (2006). Temps d’enseignement et temps didactique. Approche didactique de la question du temps dans l’enseignement des mathématiques au cycle 3 de l’école élémentaire. *Carrefours de l’éducation*, 21, 53–71. <https://doi.org/10.3917/cdle.021.0053>
- Courtier, P. (2019). *L’impact de la pédagogie Montessori sur le développement cognitif, social et académique des enfants en maternelle*. Thèse de doctorat en psychologie du développement, Université Lyon 1.
- Croset, M.-C., & Gardes, M.-L. (2019). Une comparaison praxéologique pour interroger l’enseignement du nombre dans l’institution Montessori. *Recherche en didactique des mathématiques*, 39(1), 51–96.
- Croset, M.-C., & Gardes, M.-L. (2020). Une carte des connaissances pour la construction du nombre à l’école maternelle. *Revue de mathématiques pour l’école*, 233, 117–127. <http://hdl.handle.net/20.500.12162/4064>
- Deci, E.L., Koestner, R., and Ryan, R.M. (1999). A meta-analytic review of experiments examining the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation. *Psychological Bulletin*, 125, 627–668.
- Dehaene, S., & Cohen, D. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, 1, 83–120.
- Denervaud, S., & Gentaz, E. (2015). Les effets de la « méthode Montessori » sur le développement psychologique des enfants : une synthèse des recherches scientifiques quantitatives. *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l’enfant*, 27(139), 593–598.
- Denervaud, S., Knebel, J.-F., Haggmann, P., & Gentaz, E. (2019). Beyond executive functions, creativity skills benefit academic outcomes : Insights from Montessori education. *PLOS ONE*, 14(11), e0225319. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225319>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168.
- Duprey, G., Duprey, S., & Sautenet, C. (2016). *Vers les maths : Grande section. Une progression vers les mathématiques à l’école maternelle (6^e édition)*. Schiltigheim : ACCES Éditions.
- Fayol, M. (2012). *L’acquisition du nombre*. Paris : PUF.

- Fayol, M., & Thevenot, C. (2012). The use of procedural knowledge in simple addition and subtraction problems. *Cognition*, 123, 392–403.
- Feigenson, L., Libertus, M.E., & Halberda, J. (2013). Links between the intuitive sense of number and formal mathematics ability. *Child Development Perspectives*, 7(2), 74–79. <http://doi.org/10.1111/cdep.12019>
- Gardes, M.-L., & Prado, J. (2016). Entre neurosciences et éducation : les chaînons manquants. *Cahiers pédagogiques*, 527, 35–38.
- Groen, G.J., & Parkman, J.M. (1972). A chronometric analysis of simple addition. *Psychological Review*, 79, 329–343.
- Halberda, J., Mazocco, M., & Feigenson, L. (2008). Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement. *Nature*, 455(7213), 665–668. <https://doi.org/10.1038/nature07246>
- Luculano, T. (2016). Neurocognitive accounts of developmental dyscalculia and its remediation. *Progress in Brain Research*, 227, 305–333.
- Kaufmann, L., & von Aster, M. (2012). The diagnosis and management of dyscalculia. *Deutsches Arzteblatt international*, 109(45), 767–778.
- Laparra, M., & Margolinas, C. (2017). *Les premiers apprentissages scolaires à la loupe. Approches anthropologiques et didactiques*. Bruxelles : De Boeck.
- Laski, E. V., Jordan, J.R., Daoust, C., & Murray, A.K. (2015). What makes mathematics manipulatives effective ? Lessons from cognitive science and Montessori education. *SAGE Open*, 5(2).
- LeFevre, J.-A. (2016). Numerical cognition : Adding it up. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 70(1), 3–11. <https://doi.org/10.1037/cep0000062>
- Lillard, A.S., Heise, M.J., Richey, E.M., Tong, X., Hart, A., & Bray, P.M. (2017). Montessori preschool elevates and equalizes child outcomes : A longitudinal study. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01783>
- Margolinas, C. (2005). Essai de généalogie en didactique des mathématiques. *Revue suisse des sciences de l'éducation*, 27(3), 343–360.
- Margolinas, C., & Wozniak, F. (2012). *Le nombre à l'école maternelle : une approche didactique*. Bruxelles : De Boeck.
- Marshall, C. (2017). Montessori education : A review of the evidence base. *NPJ Science of Learning*. <https://doi.org/10.1038/s41539-017-0012-7>
- McCloskey, M., Caramazza, A., & Basili, A. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation : Evidence from dyscalculia. *Brain Cognition*, 4, 171–196.
- MEN. (2015). Programme de l'école maternelle [Bulletin officiel spécial n° 2 du 26 mars 2015].
- Miller, G. A. (2003). The cognitive revolution : A historical perspective. *Trends in Cognitive Science*, 7(3), 141–144.
- Montessori, M. (2015). *Pédagogie scientifique* (vol. 1–2, 3^e édition). Paris : Desclée de Brouwer.

- Montessori, M. (2016). *Psychoarithmetic*. Amsterdam : Montessori-Pierson Publishing Company.
- Moyer, R.S., & Landauer, T.K. (1967). Time required for judgements of numerical inequality. *Nature*, 215, 1519–1520.
- Nieder, A., & Dehaene, S. (2009). Representation of number in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, 32, 185–208. <http://doi.org/10.1146/annurev.neuro.051508.135550>
- Núñez, R.E., Edwards, L.D., & Matos, J.F. (1999). Embodied cognition as grounding for situatedness and context in mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 39(1–3), 45–65.
- Piaget, J. (1952). *The child's conception of number*. Londres : Routledge & Kegan Paul.
- Schubring, G. (1983). Comparative study of the development of mathematics education as a professional discipline in different countries. In *Proceedings of the Forth International Congress on Mathematical Education* (pp. 482–489).
- Stevens, S.S. (2017). *Psychophysics : Introduction to its perceptual, neural and social prospects*. Londres : Routledge.
- Vergnaud, G. (1982). A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In T. Carpenter, J. Moser, & T. Romber (Éds.), *Addition and subtraction : A cognitive perspective* (pp. 39–59). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum.
- Villani, C., & Torossian, C. (2018). *21 mesures pour l'enseignement des mathématiques [Rapport]*. file:///Users/p51237/Downloads/Rapport_Villani_Torossian_21_mesures_pour_enseignement_des_mathematiques_896190.pdf
- Woodcock, R.W., Mather, N., McGrew, K.S., & Wendling, B.J. (2001). *Woodcock-Johnson III tests of cognitive abilities*. Itasca, IL : Riverside.

Notices biographiques

Marie-Line Gardes est professeure ordinaire à la Haute École pédagogique du Canton de Vaud (Suisse). Elle est formatrice d'enseignants du primaire et du secondaire et chercheuse en didactique des mathématiques. Ses recherches portent sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques par résolution de problèmes et sur les troubles et difficultés des apprentissages en mathématiques. Elle s'intéresse également aux liens entre les recherches en sciences cognitives et les recherches en didactique des mathématiques.

COURRIEL : MARIE-LINE.GARDES@UNIV-LYON1.FR

Marie-Caroline Croset est professeur agrégée en mathématiques à l'Institut national supérieur du professorat et de l'éducation de Grenoble et docteur en didactique des mathématiques. Ses recherches actuelles portent notamment sur l'impact de démarches d'enseignement sur les apprentissages mathématiques.

COURRIEL : MARIE-CAROLINE.CROSET@UNIV-GRENOBLE-ALPES.FR

Philippine Courtier est psychologue de l'éducation nationale à l'Académie de Paris. Elle a soutenu une thèse en psychologie du développement au Centre de recherche en neurosciences de Lyon en 2019. Ses travaux se sont intéressés à l'impact de la pédagogie Montessori sur le développement cognitif, social et académique des enfants défavorisés en maternelle.

COURRIEL : PHILIPPINE.COURTIER@GMAIL.COM

Jérôme Prado est chargé de recherche au CNRS. Il travaille au Centre de recherche en neurosciences de Lyon. Ses recherches se concentrent sur les mécanismes cognitifs et neuronaux qui sous-tendent le développement du raisonnement et des mathématiques chez les enfants et les adolescents. Son travail concerne notamment les enfants ayant des troubles d'apprentissage, comme la dyscalculie.

COURRIEL : JEROME.PRADO@UNIV-LYON1.FR

Pourquoi et comment soutenir le développement des compétences émotionnelles chez les élèves âgés de 4 à 7 ans et chez leur enseignant.e ? Apports des sciences cognitives

Sylvie Richard^{1,3}, Philippe Gay², Édouard Gentaz³

¹ Haute école pédagogique du canton du Valais

² Haute école pédagogique du canton de Vaud

³ Université de Genève

RÉSUMÉ – Apprendre à identifier, exprimer, comprendre, utiliser et réguler ses émotions et celles d’autrui fait partie intégrante des apprentissages fondateurs d’une scolarité réussie. De nombreuses études en sciences cognitives ont montré que ces compétences jouent un rôle crucial dans la réussite des élèves à l’école et favorisent leurs relations interpersonnelles. Dans un premier temps, nous allons examiner dans quelle mesure le développement de ces compétences émotionnelles est tout particulièrement central chez les élèves qui débutent leur scolarité. Dans un second temps, nous allons proposer deux grands axes d’intervention en classe afin de soutenir leur développement. Nous allons présenter notamment les pratiques d’enseignement « indirectes » (à savoir, être en tant qu’enseignant.e « émotionnellement compétent ») qui visent à les favoriser et nous allons voir qu’il est également possible de mettre ces compétences émotionnelles au défi directement à travers la « labellisation » des émotions, des conversations portant sur les émotions et par le biais des jeux de faire semblant.

MOTS CLÉS – compétences émotionnelles, jeu de faire semblant, conversations, « labellisation » des émotions, pratiques d’enseignement

NOTE – Cet article a bénéficié des soutiens financiers de la Haute école pédagogique du canton du Valais, de la Haute école pédagogique du canton de Vaud, et de l'Université de Genève.

Introduction

L'objectif principal de cet article consiste à rendre visible l'importance des compétences émotionnelles dans les premiers degrés de la scolarité (cycle 1 ; à savoir chez les enfants de 4 à 7 ans) en se basant sur des travaux récents réalisés en sciences cognitives et affectives. Pour ce faire, nous commencerons par définir ce que nous entendons par « émotion » et par « compétences émotionnelles », puis nous nous appuierons notamment sur les apports des neurosciences afin de souligner l'importance pour l'enfant d'être exposé dès le plus jeune âge à des situations d'enseignement/apprentissage permettant de favoriser le développement de ces compétences. Dans cette perspective, nous présenterons deux grands axes d'interventions (indirectes et directes) pour enseigner/apprendre ces compétences émotionnelles.

L'originalité de cet article repose sur la sélection des interventions spécifiquement choisies pour ces premiers degrés de la scolarité et étayées par des recherches empiriques actuelles. Nous aborderons ainsi l'importance pour l'élève¹ du développement des compétences émotionnelles de l'enseignant.e (« Pratiques d'enseignement indirectes ») ainsi que la nécessité d'œuvrer directement sur la mise en place de compétences émotionnelles des élèves (« Pratiques d'enseignement directes » des enseignant.e.s pour les élèves). Enfin, nous proposerons un modèle sous forme de « cercle vertueux du développement des compétences émotionnelles » afin de présenter une synthèse des pratiques les plus pertinentes à implémenter en classe sur la base des connaissances actuelles.

Les professionnels de l'éducation et des apprentissages scolaires trouveront ainsi différents principes, à la fois théoriques et pratiques, pour soutenir le développement de ces différentes compétences émotionnelles au moment de l'entrée dans la scolarité.

1. Dans le cadre de cet article, le terme « élève » est utilisé afin de faciliter la lecture. Toutefois, il est essentiel de préciser au lecteur/riche que ce terme renvoie plus précisément à « l'enfant, élève en devenir », car c'est au cours des premières années d'école que l'enfant apprend à devenir « élève » (Truffer-Moreau, 2020).

L'émotion

Dans l'histoire, les définitions des émotions ont été nombreuses et elles ont mis l'accent sur les différents aspects de l'émotion comme ses dimensions corporelle, personnelle, sociale et cognitive. Actuellement, une définition dite multicomponentielle de l'émotion est souvent utilisée dans la recherche en sciences cognitives. Selon cette approche (cf. Sander, 2016), l'émotion est définie comme une modification d'état rapide et transitoire en deux temps :

1. un déclenchement initial dû à la pertinence d'un évènement (réel ou imaginé) menant à
2. une réponse dans plusieurs composantes (système nerveux périphérique, tendance à l'action, expression motrice et ressenti conscient).

Une vision très répandue mais erronée est que les émotions et la cognition ont des localisations cérébrales et des rôles différents au sein même du cerveau, qui se reporteraient aussi dans nos comportements (Sander, 2013). Ainsi, selon ce neuromythe, certaines régions du cerveau seraient responsables de nos émotions (comme le système dit limbique) et les régions corticales plus évoluées seraient dédiées à la cognition. Cependant, non seulement les structures cérébrales liées aux émotions ou à la cognition ne sont pas isolées, mais une même région est souvent caractérisée de « cognitive » ou « d'émotionnelle » selon les études (Pessoa, 2008). Par exemple, l'amygdale (une structure sous-corticale) est considérée comme émotionnelle, car impliquée dans la détection des évènements ayant une pertinence affective pour l'individu, mais elle est aussi considérée comme un élément clé pour les processus cognitifs que sont l'attention et la mémoire. Un autre exemple est le cortex préfrontal dorsolatéral qui est classiquement considéré comme étant impliqué dans les fonctions exécutives, notamment l'inhibition, mais qui est aussi une région clé dans les processus de régulation des émotions.

Les modèles actuels suggèrent donc que les émotions et les fonctions cognitives agissent de pair et de manière diffuse, avec un soubassement cérébral fortement distribué au sein de réseaux de neurones. Dans cette perspective, les émotions soutiennent l'attention, la mémoire de travail, l'encodage, la consolidation en mémoire ou encore des processus liés au contrôle exécutif (p. ex. l'inhibition). Ces processus cognitifs sont également nécessaires aux apprentissages scolaires. Les émotions accompagnent donc les élèves au sein de la classe, et peuvent interagir avec les apprentissages (cf. Gentaz, 2015).

Les compétences émotionnelles

Fréquemment, à l'école, les élèves comme Marc, Martine et Jérémie font l'expérience d'émotions intenses qui nécessitent d'être à la fois identifiées

et comprises pour pouvoir être gérées de manière à favoriser les apprentissages scolaires et à maintenir des relations positives avec l'enseignant.e et les pairs (tableau 1). En effet, une régulation émotionnelle réussie constitue un prérequis essentiel à un fonctionnement adaptatif. Devenir progressivement « émotionnellement compétent » constitue dès lors un des enjeux majeurs des premiers degrés de la scolarité.

Tableau 1. Extraits de situations dans lesquelles des élèves doivent utiliser leurs compétences émotionnelles dans un contexte scolaire.

Marc (5 ans) joue avec une balle qu'il tient serrée dans ses bras. Il crie « oui » à une invitation à jouer avec un camarade, mais il est incapable de contenir son envie de garder la balle pour lui. Finalement, il prend la balle des mains de son camarade de jeu en exprimant de la colère et en l'insultant. Dans les jeux libres, dans les activités individuelles, en petits groupes ou avec le grand groupe, il est souvent fâché, hors de contrôle, frappant et jetant des objets.

Martine (4 ans), en revanche, parle avec hésitation. Elle est toujours la troisième, la quatrième ou la dernière à terminer une tâche, elle n'affirme jamais ses idées ou désirs. Elle est calme, parfois elle a un regard triste et elle recherche le réconfort en suçant son pouce. Elle semble très souvent bouleversée et en retrait.

Jérémy (5 ans) présente un comportement différent : il est « stressé ». Bien qu'il joue et interagisse avec ses pairs relativement bien, les enseignant.e.s relèvent qu'il a des difficultés à laisser les autres élèves mener les activités. Il a également tendance à rejeter leurs idées. Il déteste faire des erreurs, cela le déçoit énormément.

(Extraits traduits et adaptés de Denham, 2005.)

Comme nous pouvons le constater dans ces extraits, il n'est pas toujours aisé pour l'enseignant.e de gérer des profils de compétences émotionnelles forts différents (Raver, 2002) et ce pour plusieurs raisons, notamment : le manque de connaissances et d'outils pour évaluer et développer ces compétences chez les élèves, les conceptions relatives au « travail de l'enseignant.e » (p. ex. est-ce le rôle de l'enseignant.e « d'éduquer », « d'enseigner » les émotions ?). Pourtant, selon Cuisinier, Tornare, et Pons (2015), le fait de « connaître le rôle fonctionnel des émotions dans les activités scolaires pourrait aider les enseignants dans leur analyse des modalités de l'apprentissage » (p. 529).

Mais que recouvre le terme « compétences émotionnelles » ? Selon les conceptions actuelles (voir p. ex. MacCann, *et al.*, 2020 ; Mayer, Caruso, & Salovey, 2016 ; Mikolajczak, Quoidbach, Kotsou, & Nelis, 2020), les compétences émotionnelles réfèrent aux différences dans la manière dont les individus (élèves ou enseignant.e.s) perçoivent, expriment et écoutent les émotions, utilisent les émotions notamment pour « faciliter la pensée », comprennent et gèrent leurs propres émotions ainsi que celles d'autrui (tableau 2). Ces compétences représentent un ensemble de ressources

Tableau 2. Les quatre domaines des aptitudes liées aux émotions ou compétences émotionnelles à développer chez les élèves et l'enseignant.e.

Compétences ciblées	Habilités requises
Perception des émotions	<ul style="list-style-type: none"> – Identifier les émotions dans les stimulus externes (c'est-à-dire, chez les autres au travers par exemple des expressions faciales, du langage et dans d'autres stimulus émanant notamment des arts visuels et de la musique), – Identifier ses propres émotions (stimulus internes, états physiques, sentiments et pensées), – Exprimer ses propres émotions précisément, – Faire la distinction entre l'expression d'émotions authentiques, trompeuses ou forcées, – Connaître les règles relatives à l'expression des émotions dans différentes cultures et différents contextes.
Facilitation émotionnelle de la pensée (Emotion facilitation of thought)	<ul style="list-style-type: none"> – Faire usage des émotions ou de l'information émotionnelle comme un apport ou une assistance dans les tâches cognitives ou dans les décisions.
Compréhension des émotions	<ul style="list-style-type: none"> – Connaître le vocabulaire des émotions (pour une liste de termes émotionnels, voir fig. 1), – Connaître les antécédents et les conséquences des émotions, en particulier distinguer la cause et le déclencheur d'une émotion, – Connaître la manière dont les émotions se combinent (émotions complexes et mixtes) et changent dans le temps (p. ex. transition de la colère à la satisfaction), – Connaître l'effet probable d'une situation spécifique sur les émotions actuelles ou futures (prévision affective).
« Emotion management »	<ul style="list-style-type: none"> – Réguler ses propres émotions positives et négatives ainsi que les émotions d'autrui, à la hausse (p. ex. augmenter la curiosité ou la tristesse pour faire comprendre une notion) et à la baisse (p. ex. diminuer la peur d'un test ou la joie pour mieux se concentrer), pour atteindre un résultat souhaité.

Tableau tiré du modèle hiérarchique à quatre « branches » des aptitudes émotionnelles de Mayer et Salovey, 1997 (Mayer, *et al.*, 2016 ; cités par MacCann, *et al.*, 2020).

efficaces et fonctionnelles permettant de nous adapter à l'environnement (Housieux & Lahaye, 2013). Elles sont donc essentielles au développement psychologique de l'élève et doivent faire l'objet d'un enseignement.

Cependant, même si l'étude des processus émotionnels et affectifs dans l'apprentissage n'est pas nouvelle, avec par exemple les concepts de « punition » et de « récompense » (Pekrun & Linnenbrink-Garcia, 2014 ; Schutz & Pekrun, 2007), le rôle des émotions dans le contexte scolaire est resté relativement peu étudié durant de nombreuses décennies (Cuisinier, *et al.*, 2015 ; Mazziotti & Sander, 2015). Actuellement, les émotions et tout particulièrement le soutien au développement des compétences émotionnelles suscitent un vif intérêt dans le domaine de la recherche interventionnelle (Malti, Chaparro, Zuffianò, & Colasante, 2016 ; Richard, Gay, Clerc-Georgy, & Gentaz, 2019 ; Sprung, Münch, Harris, Ebesutani, & Hofmann, 2015 ; Theurel & Gentaz, 2015).

Pourquoi les compétences émotionnelles sont si importantes et tout particulièrement chez le jeune enfant ?

Plasticité cérébrale : les apports des neurosciences

Même si l'être humain bénéficie d'une longue fenêtre temporelle sur le plan de la plasticité cérébrale qui va lui permettre d'apprendre tout au long de sa vie, la petite enfance constitue une période sensible à l'apprentissage et au développement de ces compétences émotionnelles. Les études menées en neurobiologie sur la maturation normale du cerveau ont pu mettre en évidence que la période allant de 0 à 5 ans constituerait une période charnière de croissance du cerveau. Au cours du développement, le cerveau subit d'importantes modifications tissulaires, et ce jusqu'à l'âge de 5 ans (pour une synthèse, cf. Eliez & Schaer, 2009). Durant ces cinq premières années de vie, des milliards de neurones se connectent et ces connexions vont dépendre des stimulations issues de l'environnement (Miller & Cummings, 2007). Un environnement « appauvri » ou peu stimulant sur le plan cognitif, affectif et social durant la petite enfance – cette période dite « sensible » du développement – peut avoir pour conséquences de sévères altérations des circuits neuro-naux (Meredith, 2015). Cependant, la plupart des déficits engendrés par ces potentielles privations au cours du développement peuvent être recouverts si la compensation intervient suffisamment précocement (Bear, Connors, & Paradiso, 2007).

Les recherches en neurobiologie et en neuroendocrinologie abondent aussi dans ce sens en indiquant que les conditions environnementales et les interactions interpersonnelles, toutes deux positives et négatives, sont imbriquées biologiquement, façonnant ou canalisant le développement du cerveau et du comportement (Blair & Raver, 2015). Ces avancées indiquent que l'activité précoce au cours de la vie dans les systèmes nerveux central et périphérique et l'expression du génome sont sensibles à l'expérience et s'adaptent au contexte dans lequel le développement a lieu (Zhang & Meaney, 2010).

Des recherches récentes en neurosciences suggèrent que l'épigénétique – les modifications importantes du génome qui n'impliquent pas un changement dans la séquence nucléotidique *per se* – pourrait être le mécanisme pour expliquer ces effets. De telles transformations incluent des marqueurs (traces) chimiques qui régulent la transcription du génome. Il y a ainsi actuellement des preuves que des événements environnementaux peuvent directement modifier l'état épigénétique du génome (Zhang & Meaney, 2010).

Le contexte scolaire pourrait faire partie intégrante de « ces événements environnementaux » exerçant une influence sur le développement psychobiologique de l'enfant (pour une réflexion sur l'épigénétique et l'éducation voir p. ex. Pickersgill, 2020). Lorsque l'enfant débute l'école, ce nouvel environnement va représenter le lieu privilégié de socialisation et d'apprentissage pour lui (Cèbe & Picard, 2009). Dans cette perspective, sous certaines conditions, l'école peut donc jouer un rôle important pour aider en particulier certains enfants présentant des difficultés socioaffectives et cognitives, spécifiquement lors des premières années scolaires. En effet, des études montrent que la pauvreté (économique) et l'exposition de jeunes enfants à des interactions positives en opposition à des interactions négatives avec les parents façonnent les différences individuelles au niveau de la réactivité émotionnelle (l'état d'activation, « *d'arousal* » émotionnel), de la régulation émotionnelle (« *emotion management* ») et des fonctions cognitives de haut niveau, et ce en partie à travers le mécanisme de la physiologie du stress (Blair, *et al.*, 2011 ; Evans & Schamberg, 2009 ; Ursache, Blair, Stifter, Voegtline, & The Family Life Project Investigators, 2013). Par conséquent, l'enseignement gagnerait à s'intéresser aux conditions qui permettent de rendre cet environnement scolaire pleinement favorable au développement de ces compétences émotionnelles.

Les émotions à l'école

De nombreuses études montrent qu'être « émotionnellement compétent » est essentiel au succès à l'école (Blair & Raver, 2015 ; Denham, Bassett, Zinsser, & Wyatt, 2014 ; Hamre & Pianta, 2001; pour une méta-analyse, cf. MacCann, *et al.*, 2020). Les compétences émotionnelles seraient, selon certaines

recherches, parmi les compétences les plus importantes (avec les compétences cognitives) et parmi celles qui soutiennent les compétences scolaires de l'élève au cours des premiers degrés de la scolarité (Denham, Bassett, Mincic, *et al.*, 2012 ; Denham, *et al.*, 2014 ; Raver, 2002 ; Romano, Babchishin, Pagani, & Kohen, 2010). Par exemple, l'étude de Cavadini, Richard, Dalla-Libera, et Gentaz (sous presse) conduite auprès de 706 élèves âgés de 3 à 6 ans révèle notamment que de bonnes capacités à comprendre les émotions contribuent à de meilleures performances scolaires en mathématiques. De surcroît, les compétences émotionnelles sont cruciales pour permettre aux élèves d'interagir et de former des relations avec les autres (Denham, 1998 ; McLaughlin, Aspden, & Clarke, 2017 ; Raver, 2002 ; Saarni, 1990). L'étude longitudinale de Izard, Fine, Schultz, Mostow, Ackerman, et Yougstrom (2001) montre que la connaissance que les élèves possèdent de leurs émotions à 5 ans et plus spécifiquement la capacité à détecter et labelliser les signaux émotionnels (« Perception des émotions » et « Compréhension des émotions », cf. tableau 2) facilite les interactions sociales positives et prédit leurs habiletés sociales et leurs performances académiques à 9 ans.

Certaines recherches ont également pu mettre en évidence l'importance de l'expression et du partage d'émotions positives dans l'initiation, la régulation des échanges sociaux et pour la communication durant des actes socialement dirigés (Denham, *et al.*, 2001 ; Park, Lay, & Ramsay, 1993). Inversement, exprimer des émotions négatives de manière inadaptée peut être plus problématique au cours d'une interaction sociale. Les élèves d'âge préscolaire qui montrent une proportion importante d'émotions négatives, particulièrement la colère, peuvent être perçus par les enseignant.e.s et leurs pairs comme étant difficiles et perturbateurs (Denham, McKinley, Couchoud, & Holt, 1990).

En somme, les compétences émotionnelles constitueraient un prédicteur important de la capacité de l'élève à évoluer dans le monde social et académique au début de sa scolarité (Denham, Bassett, Way, *et al.*, 2012). Différentes raisons peuvent expliquer l'influence de ces compétences sur la réussite scolaire de l'enfant. Blair et Raver (2015) défendent notamment l'idée que les aspects socio-émotionnels et ceux liés au tempérament de l'enfant sont indissociables et interdépendants des aspects relatifs aux compétences cognitives de l'enfant, principalement les fonctions exécutives qui sont centrales pour apprendre à l'école (pour une revue, cf. Carlson, Zelazo, & Faja, 2013).

Pour MacCann et ses collègues (2020), d'autres raisons permettraient d'expliquer l'influence de ces compétences sur la réussite à l'école. Une première raison renvoie au fait que les élèves présentant de meilleures compétences émotionnelles seraient plus aptes à réguler des émotions négatives telles que l'anxiété, l'ennui ou la déception relative à leur performance scolaire. Une seconde raison serait que pour apprendre et se développer, les

élèves (et tout particulièrement les plus jeunes) ont besoin du soutien des adultes et des pairs. Ainsi, les élèves plus compétents sur le plan émotionnel gèreraient mieux le monde social dans lequel ils sont amenés à évoluer, en formant de meilleures relations avec leurs enseignant.e.s, leurs pairs et leur famille. Cette capacité à mieux gérer les relations sociales influencerait ainsi indirectement la réussite scolaire de l'enfant en lui fournissant un « réseau de soutien social » qui le protégerait dans les moments de stress et le soutiendrait lorsqu'il est confronté à une nouvelle situation d'apprentissage requérant l'aide d'un expert (p. ex. pair ou enseignant.e). Ainsi, de nombreux bénéfices sur le plan académique et social devraient être constatés si ces compétences émotionnelles faisaient partie intégrante des pratiques d'enseignement quotidiennes en classe (Jones & Bouffard, 2012).

Comment soutenir le développement des compétences émotionnelles des jeunes enfants et de leur enseignant.e ?

Nous pensons qu'il est possible d'améliorer les compétences émotionnelles (CE) des enfants en les soutenant *indirectement* au travers du développement des compétences émotionnelles des enseignant.e.s et/ou en les mettant *directement* au défi à travers la labellisation des émotions, des conversations portant sur les émotions et par le biais des jeux de faire semblant.

Les pratiques d'enseignement indirectes : pour les enseignant.e.s

Enseigner constitue en soi une réelle entreprise émotionnelle (Sutton, Mudrey-Camino, & Knight, 2009 ; Sutton & Wheatley, 2003). Hargreaves (1998, 2000) souligne le caractère émotionnel du travail de l'enseignant.e. Celui-ci implique les émotions de l'enseignant.e, la compréhension des émotions des élèves dans les relations qu'il instaure et l'enseignement en tant qu'objet d'apprentissage des émotions. Toutefois, avant de pouvoir développer de manière efficace les compétences émotionnelles de l'élève, il s'agit pour l'enseignant.e de pouvoir développer ses propres compétences émotionnelles notamment pour laisser de la place aux émotions, éviter qu'elles parasitent les apprentissages, écouter les émotions avec empathie ou encore maîtriser toute contagion émotionnelle (c'est-à-dire réussir à garder son calme et à s'orienter vers la compréhension des pensées d'autrui sans se laisser submerger par ses émotions). Par ailleurs, des travaux ont permis de mettre en évidence une contagion émotionnelle, autant pour les émotions désagréables (p. ex. peur, colère) que pour des émotions agréables (p. ex. joie,

intérêt). Par exemple, une recherche de Oberle et Schonert-Reichl (2016) a permis de mettre en évidence que l'épuisement professionnel autorapporté par les enseignant.e.s était lié à des difficultés de régulation du stress de leurs élèves mesurées par la variabilité du taux de cortisol.

Dans cette optique, il est essentiel que l'enseignant.e puisse, dans un premier temps, prendre conscience de ses propres CE, en examinant notamment sa manière personnelle d'exprimer ses émotions en classe ainsi que les stratégies qu'il mobilise pour les réguler. Cette prise de conscience peut être favorisée en se posant différentes questions comme : est-ce que j'exprime des émotions en classe ? Est-ce que je m'autorise à le faire et de quelle manière ? Est-ce que les stratégies que j'utilise pour réguler mes émotions sont adaptées et fonctionnelles ? Il est également nécessaire qu'il puisse analyser ses réactions à l'expression des émotions des élèves en classe (Ahn & Stifter, 2006) : les émotions exprimées par les élèves sont-elles accueillies avec bienveillance ? Font-elles l'objet d'une médiation verbale ? De conversations ? Sont-elles minimisées, ridiculisées, ignorées ?

L'analyse de ses propres CE est essentielle en contexte scolaire, car l'enseignant.e, particulièrement dans les premiers degrés de la scolarité, représente un « modèle » que l'élève va pouvoir observer et imiter, d'où la nécessité pour l'enseignant.e d'opérer un réel travail d'évaluation et de réflexion sur ses propres CE (Jones, Bouffard, & Weissbourd, 2013). Comme le relèvent Mill et Romano-White (1999), les enseignant.e.s comme les parents gèrent le climat émotionnel dans lequel les élèves vont être amenés à apprendre sur leurs émotions. L'adulte tout comme les pairs en classe vont jouer le rôle de régulateur externe (en fournissant de l'aide, un soutien) afin que les élèves puissent progressivement apprendre à s'autoréguler (passage nécessaire de l'hétéro-régulation à l'autorégulation). Dans cette perspective, certaines recherches ont pu montrer, sans toutefois établir une relation précise de cause à effet, que les enseignant.e.s qui ont peu conscience de leurs propres émotions ignorent le plus souvent les émotions des élèves, ont tendance à faire usage de la punition, réconfortent peu ceux qui expriment des émotions négatives, relèvent peu les émotions positives des élèves (comme la joie) (Ersay, 2007, 2015). De la même manière, les enseignant.e.s qui présentent un niveau de compétences socio-émotionnelles plus élevé établissent des relations interpersonnelles plus positives avec leurs élèves, témoignent d'une gestion de classe plus efficace en faisant un usage plus habile des expressions émotionnelles et du soutien verbal pour favoriser l'enthousiasme, le plaisir d'apprendre et pour gérer le comportement des élèves (voir le modèle théorique de « la classe prosociale » développé par Jennings & Greenberg, 2009).

En d'autres termes, les enseignant.e.s devraient pouvoir développer leurs propres compétences émotionnelles et mobiliser des stratégies de régulation fonctionnelles dans l'optique d'en faire usage avec leurs élèves

(Hoffmann, Brackett, Bailey, & Willner, 2020). Créer un climat émotionnel positif, reconnaître et travailler sur ses propres émotions et celles des élèves, faire preuve d'une capacité d'écoute par rapport aux attentes et intérêts de l'ensemble des élèves, développer une conscience de ses forces, de ses besoins, de ses valeurs, et être également à l'écoute de ses propres sensations corporelles constitueraient les qualités essentielles à un.e enseignant.e qui serait émotionnellement compétent (Ergur, 2009).

Plus concrètement, au niveau de l'identification et de la différenciation des émotions (« Perception des émotions ») (p. ex. si je me sens mal, est-ce de la tristesse, de la colère ou du dégoût ?), Nummenmaa, Glerean, Hari, & Hietanen (2014) ont proposé un matériel spécifique avec des cartes de sensations corporelles culturellement universelles associées à différentes émotions. Ainsi, discuter de cette palette d'émotions et des caractéristiques propres à chacune contribue à mieux les identifier et à les distinguer les unes des autres (voir également la fig. 1).

En outre, différentes méthodes peuvent se révéler très efficaces pour réguler les émotions (« *emotion management* »). D'une part, des exercices de relaxation (Jacobson, 1938) – consistant notamment à contracter puis décontracter différentes parties du corps – peuvent se révéler pertinents pour réduire les tensions musculaires et se détendre. D'autre part, la pratique de différentes techniques de respiration visant à ralentir le rythme de sa respiration couplée par exemple avec des programmes d'entraînement attentionnel ou de pleine conscience peuvent aider les enseignant.e.s à réduire notamment leur stress et le risque de burnout (Flook, Goldberg, Pinger, Bonus, & Davidson, 2013 ; Roeser, *et al.*, 2013) avec certains bénéfices ressentis pour leurs élèves (Gay, Dini, Lehraus, McCarthy, & Urban, 2020). Dans le but de favoriser la relaxation en classe, différents programmes peuvent s'adresser aux enseignant.e.s (p. ex. Meiklejohn, *et al.*, 2012 ; Renshaw & Cook, 2017) et/ou aux élèves (pour des revues de ces interventions, voir p. ex. Theurel, Gimbert, & Gentaz, 2018 ; Zenner, Herrnleben-Kurz, & Walach, 2014 ; Zoogman, Goldberg, Hoyt, & Miller, 2015).

Récemment, Gay et Genoud (2020) proposent une synthèse de stratégies dont l'enseignant.e peut faire usage au quotidien en classe afin de développer ses propres compétences émotionnelles. Selon les auteurs, réguler les émotions passe notamment par l'évaluation cognitive d'un événement. Par exemple, les recherches (Garnefski & Kraaij, 2006 ; Vohs & Baumeister, 2017) précisent quelles stratégies de régulation volontaires sont inappropriées (p. ex. blâmer, ressasser les sentiments et les pensées associés aux événements négatifs, dramatiser ou souligner le côté terrible de l'expérience), car elles exacerbent les émotions désagréables. Il peut dès lors s'avérer très opportun de repérer ces stratégies pour les rompre et montrer leur inefficacité. D'autre part, des stratégies appropriées peuvent être apprises comme :

1. Se centrer sur la planification et sur le positif (p. ex. penser aux étapes à franchir et à la façon de gérer l'évènement négatif, penser à des choses joyeuses et plaisantes au lieu de penser à l'évènement négatif) ;
2. Accepter et réévaluer positivement une situation (p. ex. trouver une signification adaptative ou positive à l'évènement en matière de développement personnel) ;
3. Mettre en perspective (p. ex. relativiser la gravité de l'évènement en se demandant « Est-ce que j'y repenserai la semaine prochaine ? Et dans une année ? Et sur mon lit de mort ? »).

Dans un autre cadre, la démarche RULER (un acronyme pour *Recognizing, Understanding, Labeling, Expressing, Regulating*) vise à développer les compétences émotionnelles des enseignant.e.s et des éducateurs ainsi qu'à enseigner ces compétences aux enfants, de la maternelle à la fin du secondaire (Nathanson, Rivers, Flynn, & Brackett, 2016). Cela permet

1. d'appréhender les relations entre émotions, pensées, apprentissages, relations sociales, prise de décision et bien-être ;
2. d'implémenter des outils et activités spécifiques pour développer les compétences socio-émotionnelles des enseignant.e.s et celles de leurs élèves.

Réguler les émotions dans le métier d'enseignant.e implique également de réussir à exprimer adéquatement (p. ex. exprimer une émotion de la bonne façon, avec la bonne intensité, au bon moment, à la bonne personne) ses propres émotions et à écouter avec justesse celles des autres. Verbaliser ses sentiments peut s'avérer particulièrement délicat et le recours à certaines méthodes de communication peut fournir une aide précieuse.

Gay et Genoud (2020) proposent ces exemples facilement implémentables en classe basés sur les quatre étapes de la communication non violente (Rosenberg & Chopra, 2015) :

1. décrire la situation de manière factuelle, sans jugement : dire « il y a du monde qui attend... » plutôt que « tu veux toujours passer devant tout le monde » ;
2. exprimer son propre ressenti en utilisant le pronom « je » et en évitant le « tu » ;
3. expliquer les besoins qui ne sont pas respectés dans cette situation : dire « je me sens énervé car je voulais ... » plutôt que « tu es terrible » ;
4. proposer une solution concrète (ou demander à l'interlocuteur ce qu'il suggère pour résoudre le problème) : dire « la prochaine fois j'aimerais que tu ... » plutôt que « fais un effort dorénavant ».

En conclusion, donner de la valeur aux émotions (plutôt que les rejeter ou les désapprouver) permet aux enseignant.e.s de développer leurs compétences émotionnelles ainsi que celles de leurs élèves, à la faveur des apprentissages et du climat de classe.

Les pratiques d'enseignement directes : pour les élèves

Trois pratiques d'enseignement directes visant à promouvoir le développement de ces compétences émotionnelles vont être présentées dans cette section. Dans un premier temps, nous allons présenter un outil permettant à l'enseignant.e et à l'élève d'apprendre à « labelliser » les émotions, car la labellisation des émotions chez soi et chez autrui constitue une première étape incontournable au développement de la régulation des émotions (*emotion management*). L'habileté à labelliser les émotions renvoie à la capacité à « percevoir » les émotions ainsi qu'à la compétence relative à la « compréhension » des émotions du tableau 2, et plus spécifiquement l'habileté à « connaître le vocabulaire des émotions ». Deuxièmement, nous allons montrer l'importance des dialogues, des discussions entre pairs et entre l'enseignant.e et ses élèves. L'étude réalisée par Giménez-Dasí, Quintanilla, Ojeda, et Lucas-Molina (2017) montre les effets bénéfiques sur les compétences émotionnelles d'un programme visant à promouvoir la connaissance des émotions, les stratégies de régulation et les compétences sociales à travers le dialogue entre pairs chez des enfants âgés de 4 et 5 ans. Ce programme est inspiré du programme « La philosophie pour les enfants » de Lipman, Sharp, et Oscanyan (1980). Enfin, une troisième pratique consiste à organiser le travail enseignant quotidien en intégrant un temps et un espace en classe dévolus au jeu de faire semblant, afin de pouvoir laisser les enfants éprouver, discuter, expérimenter, réguler des émotions complexes par le biais de situations fictives imaginées par eux dans un cadre sécurisant.

Une étape incontournable : « labelliser » les émotions

Afin de développer les compétences émotionnelles des jeunes élèves, il s'agit de pouvoir au quotidien, dès que l'opportunité se présente, faire usage du vocabulaire spécifique aux émotions ressenties par l'élève, l'enseignant.e ou les autres élèves en classe. Les termes précis correspondant aux émotions éprouvées doivent faire l'objet d'un enseignement, et ce, très précocement. Comme le relèvent Hoffmann et ses collègues (2020), les personnes apprennent d'abord à déterminer l'émotion spécifique qu'elles sont amenées à ressentir (reconnaissance et labellisation). Des études montrent d'ailleurs que le fait de labelliser les émotions facilite les interactions sociales positives chez l'enfant (Izard, *et al.*, 2001) et la régulation émotionnelle chez l'adulte (Lieberman, *et al.*, 2007).

Toutefois, la capacité à reconnaître spécifiquement chaque émotion apparaît progressivement au cours du développement. À partir de 2 ans, l'enfant est capable de réaliser une première catégorisation verbale de certaines émotions sur la base de leur valence (qualité intrinsèquement agréable ou désagréable d'un stimulus) « positive » (agréable) ou « négative » (désagréable). Ce n'est que plus tard dans le développement que les enfants parviennent à une distinction spécifique de chaque émotion comme chez

l'adulte (Widen & Russell, 2008). Ainsi, avant l'âge de deux ans, un enfant peut dire s'il se sent mal mais peine à identifier s'il est en colère ou triste.

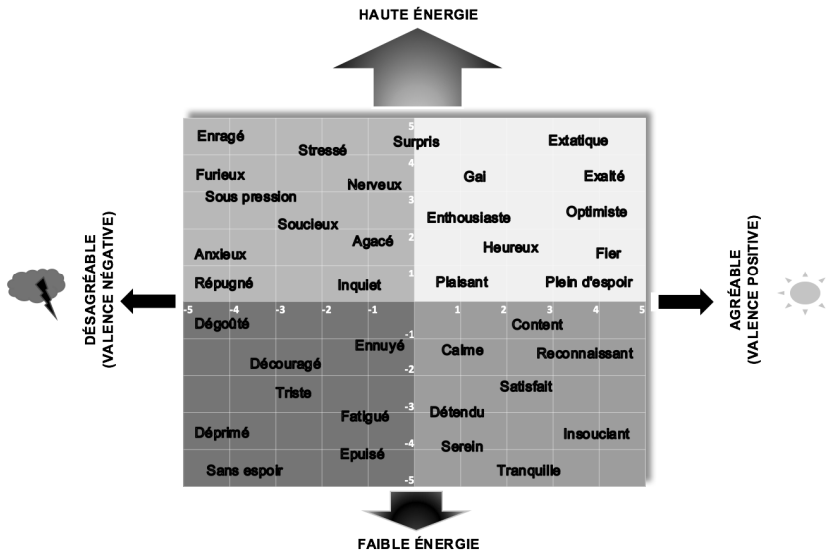
Plus précisément, Palama, Theurel, et Gentaz (2017) citent deux articles qui indiquent que le profil général de développement suivant peut être mis en évidence : la reconnaissance verbale de l'émotion de joie est déjà bien maîtrisée à 3 ans ; l'identification des émotions de tristesse, de colère et de peur évolue plus lentement (acquisition vers 5–6 ans ; Durand, Gallay, Seigneuric, Robichon, & Baudouin, 2007) ; enfin, les émotions de dégoût et de surprise sont labellisées plus tard (entre 6 et 10 ans) (Widen & Russell, 2013). L'enseignant.e devrait connaître l'évolution particulière de chaque émotion de base pour aider l'enfant de manière différenciée à les nommer en cas de difficulté.

Afin de favoriser au mieux le développement des capacités de labellisation des émotions, l'enseignant.e devrait également pouvoir soutenir simultanément la capacité à identifier ces émotions chez soi et chez autrui en explicitant à l'enfant quelles stratégies utiliser. L'enfant pourra alors catégoriser les émotions en prélevant des indices au niveau des expressions du visage, de la posture, des pensées, de la prosodie, des tendances à l'action (envie de taper, de se cacher, etc.), des réponses physiologiques relatives aux émotions ressenties (cœur qui bat plus vite, jambes qui tremblent, mal au ventre, etc.) ainsi qu'au niveau du déclencheur de l'émotion (Richard, Baud-Bovy, Clerc-Georgy, & Gentaz, 2021).

Ce travail de reconnaissance et de labellisation doit se faire conjointement pour permettre à l'enfant d'identifier les différentes composantes impliquées dans la genèse d'une émotion et lui permettre ainsi d'être au plus près du lexique émotionnel correspondant à l'émotion éprouvée. Dans cette perspective visant à enrichir le lexique émotionnel de l'enfant, Hoffmann et ses collègues (2020) proposent d'utiliser dans les pratiques enseignantes quotidiennes une grille (fig. 1) permettant à l'enseignant.e et aux enfants d'identifier « l'humeur » ressentie. Cet « indicateur d'humeur » (*mood meter*) est représenté par une grille comprenant quatre quadrants qui s'appuie sur le modèle circomplexe des affects (contraction des termes *circulaire* et *complexe*) de Russell et Barrett (1999). Il constitue un outil intéressant pour déterminer les émotions ressenties selon deux dimensions : la valence (de désagréable à agréable sur l'axe horizontal) et l'excitation (faible à haute énergie sur l'axe vertical).

Cet outil pourrait être utilisé dès 3 ans (Bailey, *et al.*, 2019, cités par Hoffmann, *et al.*, 2020). Les enfants plus âgés, comme les adultes, peuvent estimer leur état émotionnel en utilisant les chiffres et le vocabulaire émotionnel correspondant. Les plus jeunes enfants par contre font dans un premier temps usage des quatre couleurs (représentées ici en différentes nuances de gris) qu'ils associent à une émotion (p. ex. « Je suis dans le vert et je suis calme ») (Nathanson, *et al.*, 2016).

Figure 1. L'indicateur d'humeur.



Adapté de Hoffmann, *et al.* (2020) et traduit en partie librement par le premier auteur et sur la base du document « Appendix F » de Scherer (1988).

L'importance des conversations

Pouvoir dialoguer ou converser avec les élèves sur leurs émotions a des effets bénéfiques (Izard, *et al.*, 2008 ; Raver, 2002). Parler d'émotions favoriserait la compréhension des émotions, le comportement prosocial (comme aider, partager) et le contrôle inhibiteur dans un contexte émotionnel chez les jeunes enfants (Brownell, Svetlova, Anderson, Nichols, & Drummond, 2013 ; Izard, *et al.*, 2008 ; Kahle, Grady, Miller, Lopez, & Hastings, 2017). Taumoepeau et Ruffman (2006) suggèrent que les conversations servent à rendre explicites les connaissances implicites de l'enfant sur les états mentaux. L'utilisation de termes se référant à des états mentaux (p. ex. « vouloir », « aimer », etc.) lors de ces discussions avec l'enfant devrait l'aider à mieux comprendre ses propres expériences émotionnelles. Dunn (2006) insiste également sur le fait que la nature collaborative des conversations soutient les élèves dans leur zone proximale de développement et les engage à un niveau plus élevé de raisonnement et de résolution de problème que lorsqu'ils sont seuls. Il en va dès lors de même pour les conversations portant sur les émotions. Parler d'émotion devrait inclure des conversations qui porteraient sur :

1. des émotions spécifiques (comme la peur, colère, tristesse, joie) ;
2. la description des causes et des conséquences des émotions ;
3. la formulation de questions sur ces émotions (Yelinek & Grady, 2019).

Par ailleurs, il est essentiel de souligner que si les enfants apprennent sur les émotions en écoutant leurs parents ou leur enseignant.e parler d'émotions, ils apprennent également à travers leur propre contribution à la conversation (Tenenbaum, Alfieri, Brooks, & Dunne, 2008). Thompson (2006) suggère ainsi que la nature partagée des conversations pourrait soutenir la compréhension des états mentaux des enfants de plusieurs manières, en favorisant le partage d'expérience, en permettant de diriger l'attention de l'enfant pour améliorer sa compréhension des événements, de modeler les constructions syntaxiques complexes pour exprimer des états mentaux, d'adopter différents points de vue sur une même situation et d'échanger sur des valeurs culturelles de la communauté socioculturelle de l'enfant.

Apprendre à réguler ses émotions en jouant à faire semblant

Faire semblant constituerait l'une des activités préférées des enfants de 4 à 6 ans (Connolly, Doyle, & Reznick, 1988 ; de Lorimier, Doyle, & Tessier, 1995). « Faire semblant » renvoie aux comportements ayant un caractère de type « non littéral » où l'enfant fait « comme si... » (Rubin, Fein, & Vandenberg, 1983). Pour Vygotsky (1933/2016), le jeu de faire semblant comprend trois éléments clés :

1. la création d'une situation imaginaire par les enfants ;
2. l'attribution et l'interprétation de rôles (lorsqu'un enfant joue à faire semblant, il peut imaginer qu'il est un marchand, un pompier, etc.) et
3. la sélection et l'application de règles correspondant aux rôles choisis (lorsque l'enfant joue au docteur, il agit selon les règles de comportement liées à ce rôle).

La relation entre jeu de faire semblant et développement de certaines compétences émotionnelles a été établie par plusieurs recherches. Richard et Gentaz (2020) montrent sur la base d'une synthèse d'études quantitatives que jouer à faire semblant permet à l'élève de mieux comprendre ses émotions, de mieux les maîtriser et lui donne également l'opportunité d'agir de manière prosociale.

Selon les auteurs, plusieurs raisons à cette association entre compétences émotionnelles et jeu de faire semblant sont possibles. La première raison est liée au fait que le jeu de faire semblant donnerait l'occasion à l'élève d'exercer des expériences émotionnelles différentes favorisant l'expression créative des émotions (p. ex. éprouver deux émotions contradictoires simultanément, être très heureux de jouer le rôle d'un pirate très en colère) sans subir de conséquences directes comme dans la vie réelle (l'enfant joue « pour de faux » un personnage très en colère et ne risque pas, par exemple, d'être « sanctionné » par ses camarades ou l'enseignant.e). L'élève pourrait grâce au jeu éprouver et exprimer toute une gamme d'émotions à des intensités différentes au travers de situations fictives imaginées par l'enfant et décider en tout temps, si les émotions ressenties deviennent trop intenses

ou désagréables, de stopper le jeu. En ce sens, l'élève apprend ainsi à réguler de manière volontaire son comportement ainsi que ses émotions au travers du jeu.

La seconde raison renvoie au fait que le jeu de faire semblant et tout particulièrement lorsqu'il devient social donnerait l'opportunité à l'élève de discuter explicitement d'émotions (métacommunication) et à une fréquence qui ne serait pas comparable aux situations qu'il serait amené à vivre en dehors du jeu. Ces discussions conduiraient l'élève à une meilleure compréhension et un meilleur contrôle de ses émotions.

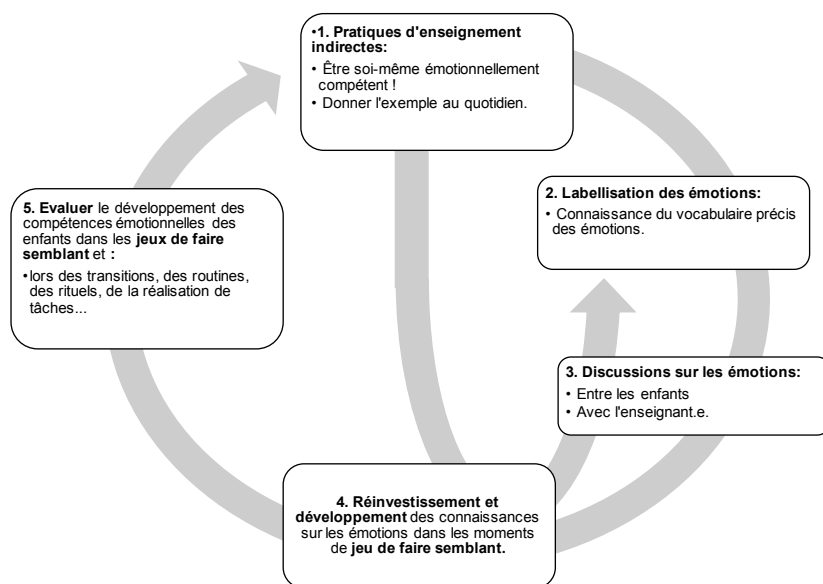
Une troisième explication réside également dans le fait que le jeu favorise le relâchement des tensions et va aider l'élève à mieux comprendre les événements déstabilisants émotionnellement survenant dans la réalité. Il peut alors rejouer des situations de vie comme le fait d'avoir été grondé ou alors de devoir faire face à une situation exceptionnelle telle qu'un confinement en raison d'une pandémie ! L'élève, lorsqu'il joue à faire semblant s'autorise alors à jouer, rejouer la ou les situation(s), à la ou les transformer en fonction de ses besoins émotionnels et de compréhension en lien avec ce qu'il a pu observer, expérimenter, avec ce qu'on a pu lui raconter. Dans cette perspective, le jeu de faire semblant est libérateur pour l'élève sur le plan émotionnel ; l'élève « s'émancipe » en s'affranchissant de cette réalité sur laquelle il ne peut pas forcément agir.

En résumé, compte tenu de l'importance de ce type d'activité pour les élèves de 4 à 7 ans, il est essentiel de leur laisser du temps pour jouer en classe, et ce malgré le fait que l'entrée de l'élève à l'école est souvent marquée par une diminution progressive du temps et de l'espace réservé à cette forme de jeu (Marinova, 2012 ; Richard, Clerc-Georgy, & Gentaz, 2019).

Conclusion générale : « Le cercle vertueux du développement des compétences émotionnelles en classe »

Nous avons mis en exergue l'importance des compétences émotionnelles dans les premiers degrés de la scolarité en nous appuyant notamment sur des travaux réalisés en sciences cognitives. Secondement, nous avons montré la nécessité de « soutenir » précocement leur développement par le biais de deux grands axes d'interventions que nous synthétisons sous la forme d'un cercle vertueux (fig. 2).

Figure 2. Schéma représentant des pratiques vertueuses pour le développement des compétences émotionnelles en classe dans les premiers degrés de la scolarité.



Nous avons nommé « pratiques d'enseignement indirectes » (fig. 2, point 1) le premier axe susceptible de favoriser positivement le développement de ces compétences en classe. Le second axe englobe les « pratiques d'enseignement directes » des enseignant.e.s pour les élèves représentées par les points 2, 3 et 4 sur la figure 2.

Nous formulons l'hypothèse qu'un.e enseignant.e « émotionnellement compétent.e » identifierait et labelliserait plus facilement ses propres émotions et, par suite, aurait plus de facilité à reconnaître et nommer précisément et explicitement celles de ses élèves.

Cela contribuerait à l'enrichissement des conversations portant sur les émotions que ce soit lors de séances structurées ayant pour objet d'apprentissage spécifique « les émotions » ou lorsque l'opportunité se présente (p. ex. conflit, évènement déstabilisant, heureux, etc.). L'élève, par l'observation et l'imitation de l'enseignant.e ainsi que par la transmission directe, pourrait progressivement réinvestir, éprouver, expérimenter et développer ces différentes compétences émotionnelles au travers du jeu de faire semblant.

Bien entendu, le réinvestissement des contenus « émotionnels » dans le jeu (voir la section « Apprendre à réguler ses émotions en jouant à faire semblant ») devrait alimenter, enrichir en retour les conversations sur les émotions en dehors du jeu (dans les situations de vie « réelles ») permettant

ainsi d'améliorer les capacités de labellisation des enfants. L'étude interventionnelle de Richard, *et al.* (2021) a d'ailleurs pu montrer une amélioration de la reconnaissance des émotions et du vocabulaire émotionnel des enfants de 5–6 ans. Dans le cadre de cette recherche, un groupe d'enseignantes a implémenté un programme comprenant des temps d'enseignement/apprentissage spécifiquement centrés sur des éléments de compétences socio-émotionnelles (p. ex. discussions avec les enfants sur des contenus émotionnels, comme l'identification et la labellisation des émotions) suivis systématiquement par des moments de réinvestissement de ces éléments par le jeu de faire semblant (p. ex. mimer des émotions, jouer des situations sociales générant des émotions, discussion sur les émotions exprimées et sur ce qui les a déclenchées).

Enfin, ce schéma intègre également les pratiques d'évaluation de l'enseignant.e (représentées par le point 5) dont la présentation détaillée dépasserait le cadre de cet article. Précisons brièvement qu'il s'agit pour l'enseignant.e d'effectuer une « évaluation dynamique » des compétences de l'enfant comprenant à la fois

1. les gains actuels de développement (« performance indépendante ») et
2. ce que l'enfant est en mesure de réaliser lorsqu'il bénéficie de soutien pédagogique (« Performance assistée ») (Bodrova & Leong, 2012).

Ces évaluations visent à récolter des informations précieuses en lien avec le niveau de développement de ces mêmes compétences chez les élèves contribuant ainsi à l'ajustement constant des pratiques d'enseignement.

Perspectives

Étant donné l'importance des compétences émotionnelles, et particulièrement lors des premiers degrés de la scolarité, des recherches randomisées ou contrôlées sont encore nécessaires afin d'évaluer les effets de programmes visant à favoriser le développement des compétences émotionnelles des enseignant.e.s et des élèves. De telles recherches pourraient s'intéresser à mieux comprendre les effets d'interventions indirectes et directes, entraînant une compétence émotionnelle spécifique ou différentes compétences. Ces recherches pourraient être menées en collaboration étroite ou plus large avec des experts externes, et à différents moments de la scolarité des élèves et de la formation des enseignant.e.s. Il s'agirait ainsi de mieux cibler quelles pratiques à privilégier, pour qui, par qui, et à quel moment.

La formation initiale et continue des enseignant.e.s bénéficiera de cette stratégie qui est de renforcer les contenus relatifs aux émotions en classe (p. ex. freins et leviers des émotions pour les apprentissages scolaires, gestion des émotions et climat de classe). En effet, le métier d'enseignant.e est par essence émotionnel et se former à cette profession gagerait à intégrer

des éléments sur ces compétences émotionnelles comme des compétences professionnelles (et personnelles) à développer (Gay & Shankland, 2019).

Pour avoir un impact plus large sur les élèves de demain, la formation initiale pourrait proposer différentes pratiques d'enseignement visant à favoriser l'apprentissage des compétences émotionnelles autant pour les élèves que pour l'enseignant.e comme cela commence à se déployer dans certaines régions du Canada, aux États-Unis ainsi qu'en Australie. D'autre part, la formation continue des enseignant.e.s pourrait cibler des thématiques spécifiques en fonction des besoins d'un établissement (voir p. ex. Richard, *et al.*, 2021).

Dans tous les cas, développer les compétences émotionnelles de chacun et le plus tôt possible constitue une clé essentielle pour les apprentissages scolaires, le bien-être et, plus largement, l'épanouissement des futurs citoyens.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ahn, H.J., & Stifter, C. (2006). Child care teachers' response to children's emotional expression. *Early Education and Development*, 17(2), 253–270.
- Bear, M.F., Connors, B.W., & Paradiso, M.A. (2007). *Neurosciences : Exploring the brain* (3^e éd.). Philadelphia : Lippincott Williams & Wilkins Publishers.
- Blair, C., Granger, D.A., Willoughby, M., Mills-Koonce, R., Cox, M., Greenberg, M.T., Kivlighan, K.T., Fortunato, C.K., & FLP Investigators (2011). Salivary cortisol mediates effects of poverty and parenting on executive functions in early childhood. *Child Development*, 82(6), 1970–1984.
- Blair, C., & Raver, C.C. (2015). School readiness and self-regulation : A developmental psychobiological approach. *Annual Review of Psychology*, 66, 711-731.
- Bodrova, E., & Leong, D.J. (2012). *Les outils de la pensée*. Québec : PUQ.
- Brownell, C.A., Svetlova, M., Anderson, R., Nichols, S.R., & Drummond, J. (2013). Socialization of early prosocial behavior : Parents' talk about emotions is associated with sharing and helping in toddlers. *Infancy*, 18, 91-119.
- Cavadini, T., Richard, S., Dalla-Libera, N., & Gentaz, E. (sous presse). Emotion knowledge, social behaviour and locomotor activity predict the academic-mathematic performance in 706 preschool children aged 3 to 6. *Scientific Reports*.
- Carlson, S.M., Zelazo, Ph.D., & Faja, S. (2013). Executive function (chap. 25). In Ph.D. Zelazo (Éd.), *The Oxford Handbook of Developmental Psychology* (vol. 1, pp. 706–743). New York : Oxford University Press.
- Cèbe, S., & Picard, P. (2009). Réussir pour comprendre : Le rôle des pratiques d'enseignement dans le développement des compétences requises à et par l'école. *Dialogue*, (134), 25–29.

- Connolly, J.A., Doyle, A.B., & Reznick, E. (1988). Social pretend play and social interaction in preschoolers. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 9(3), 301-313.
- Cuisinier, F., Tornare, E., & Pons, F. (2015). Les émotions dans les apprentissages scolaires : un domaine de recherche en émergence. *A.N.A.E*, 139, 527-536.
- de Lorimier, S., Doyle, A.-B., & Tessier, O. (1995). Social coordination during pretend play : Comparisons with nonpretend play and effects on expressive content. *Merrill-Palmer Quarterly*, 41(4), 497-516.
- Denham, S.A. (1998). *Emotional development in young children. The Guilford series on social and emotional development*. New York : Guilford Press.
- Denham, S.A. (2005). The emotional basis of learning and development in early childhood education. In B. Spodek (Éd.), *Handbook of research in early childhood education* (pp. 85–103). New York : Erlbaum.
- Denham, S.A., Bassett, H.H., Mincic, M., Kalb, S., Way, E., Wyatt, T., & Segal, Y. (2012). Social-emotional learning profiles of preschoolers' early school success : A person-centered approach. *Learning and Individual Differences*, 22(2), 178-189.
- Denham, S.A., Bassett, H.H., Way, E., Mincic, M., Zinsser, K., & Graling, K. (2012). Preschoolers' emotion knowledge : Self-regulatory foundations, and predictions of early school success. *Cognition & Emotion*, 26(4), 667-679.
- Denham, S.A., Bassett, H.H., Zinsser, K., & Wyatt, T.M. (2014). How preschoolers' social-emotional learning predicts their early school success : Developing theory-promoting, competency-based assessments. *Infant and Child Development*, 23(4), 426-454.
- Denham, S.A., Mason, T., Caverly, S., Schmidt, M., Hackney, R., Caswel, C., & De Mulder, E. (2001). Preschoolers at play : Co-socialisers of emotional and social competence. *International Journal of Behavioral Development*, 25(4), 290-301.
- Denham, S.A., McKinley, M., Couchoud, E.A., & Holt, R. (1990). Emotional and behavioral predictors of preschool peer ratings. *Child Development*, 61(4), 1145-1152.
- Dunn, J. (2006). A Discussion of the Merrill-Palmer Quarterly Special Issue. *Merrill-Palmer Quarterly*, 52(1), 151-157.
- Durand, K., Gallay, M., Seigneuric, A., Robichon, F., & Baudouin, J.Y. (2007). The development of facial emotion recognition : The role of configural information. *Journal of Experimental Child Psychology*, 97(1), 14–27.
- Eliez, S., & Schaer, M. (2009). Aspects macroscopiques de la maturation normale et pathologique du cerveau humain de la naissance à l'âge adulte. In M. Poncelet, S. Majerus & M. Van der Linden (Éds.), *Traité de neuropsychologie de l'enfant* (pp. 13-27). Marseille : SOLAL.
- Ergur, D.O. (2009). How can education professionals become emotionally intelligent ? *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 1023-1028.

- Ersay, E. (2007). *Preschool teachers' emotional experience traits, awareness of their own emotions and their emotional socialization practices*. Thèse de doctorat en philosophie, The Pennsylvania State University. Repéré à https://etda.libraries.psu.edu/files/final_submissions/1854
- Ersay, E. (2015). Preschool teachers' emotional awareness levels and their responses to children's negative emotions. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 191, 1833 – 1837.
- Evans, G.W., & Schamberg, M.A. (2009). Childhood poverty, chronic stress, and adult working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(16), 6545-6549.
- Flook, L., Goldberg, S.B., Pinger, L., Bonus, K., & Davidson, R.J. (2013). Mindfulness for teachers : A pilot study to assess effects on stress, burnout and teaching efficacy. *Mind, Brain and Education*, 7(3), 182-195.
- Garnefski, N., & Kraaij, V. (2006). Cognitive emotion regulation questionnaire – development of a short 18-item version (CERQ-short). *Personality and Individual Differences*, 41(6), 1045-1053.
- Gay, P., Dini, F., Lehraus, K., McCarthy, L., & Urben, S. (2020). Programme Mindfulness-Based Stress Reduction (MBSR) auprès d'enseignants de primaire : résultats d'une enquête de satisfaction et bénéfiques subjectifs ressentis. *Formation et Profession*, 28, 36-48.
- Gay, P., & Genoud, P.A. (2020). Quelles compétences émotionnelles protègent des différentes dimensions du burnout chez les enseignants du primaire ? *Recherches en Education*, 41, 74-91.
- Gay, P., & Shankland, R. (2019). Quel rôle donner aux émotions dans la formation et l'enseignement ? Des pistes pour favoriser la réflexivité, la verbalisation et l'apprentissage. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, 24, 7-15.
- Gentaz, É. (Éd.) (2015). Apprentissages, cognition et émotion : de la théorie à la pratique. *A.N.A.E*, 139, 527-606.
- Giménez-Dasí, M., Quintanilla, L., Ojeda, V., & Lucas-Molina, B. (2017). Effects of a dialogue-based program to improve emotion knowledge in spanish roma preschoolers. *Infants & Young Children*, 30(1), 3-16.
- Hamre, B.K., & Pianta, R.C. (2001). Early teacher-child relationships and the trajectory of children's school outcomes through eighth grade. *Child Development*, 72(2), 625-638.
- Hargreaves, A. (1998). The emotional practice of teaching. *Teaching and Teacher Education*, 14(8), 835-854.
- Hargreaves, A. (2000). Mixed emotions : Teachers' perceptions of their interactions with students. *Teaching and Teacher Education*, 16(8), 811-826.
- Hoffmann, J.D., Brackett, M.A., Bailey, C.S., & Willner, C.J. (2020). Teaching emotion regulation in schools : Translating research into practice with the RULER approach to social and emotional learning. *Emotion*, 20(1), 105-109.
- Housieux, M., & Lahaye, M. (2013). Les compétences émotionnelles chez l'enfant. In O. Luminet (Éd.), *Psychologie des émotions* (pp. 177-208). Bruxelles : De Boeck.

- Izard, C.E., King, K.A., Trentacosta, C.J., Morgan, J.K., Laurenceau, J.-P., Krauthamer-Ewing, E.S., & Finlon, K.J. (2008). Accelerating the development of emotion competence in Head Start children : Effects on adaptive and maladaptive behavior. *Development and Psychopathology*, 20(1), 369-397.
- Izard, C. E., Fine, S., Schultz, D., Mostow, A., Ackerman, B., & Yougstrom, E. (2001). Emotion knowledge as a predictor of social behavior and academic competence in children at risk. *Psychological Science*, 12(1), 18-23.
- Jennings, P.A., & Greenberg, M.T. (2009). The prosocial classroom : Teacher social and emotional competence in relation to student and classroom outcomes. *Review of Educational Research*, 79(1), 491-525.
- Jacobson, E. (1938). *Progressive relaxation* (2^e éd.). Chicago : University of Chicago Press.
- Jones, S.M., & Bouffard, S.M. (2012). Social and emotional learning in schools : From programs to strategies. *Social Policy Report*, 26(4), 1-32.
- Jones, S.M., Bouffard, S.M., & Weissbourd, R. (2013). Educators' social and emotional skills vital to learning. *Phi Delta Kappan*, 94, 62-65.
- Kahle, S., Grady, J.S., Miller, J.G., Lopez, M., & Hastings, P.D. (2017). Maternal emotion socialization and the development of inhibitory control in an emotional condition. *Infant and Child Development*, 26, 1-16.
- Lieberman, M.D., Eisenberger, N.I., Crockett, M.J., Tom, S.M., Pfeifer, J.H., & Way, B.M. (2007). Putting feelings into words : Affect labeling disrupts amygdala activity in response to affective stimuli. *Psychological Science*, 18(5), 421-428.
- Lipman, M., Sharp, A.-M., & Oscanyan, F. (1980). *Philosophy in the classroom*. Philadelphia : Temple University Press.
- MacCann, C., Jiang, Y., Brown, L.E.R., Double, K.S., Bucich, M., & Minbashian, A. (2020). Emotional intelligence predicts academic performance : A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 146(2), 150-186.
- Malti, T., Chaparro, M.P., Zuffianò, A., & Colasante, T. (2016). School-based interventions to promote empathy-related responding in children and adolescents : A developmental analysis. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, 45(6), 718-731.
- Marinova, K. (2012). Jeu, développement et apprentissage : une perspective vygotkienne. *Préscolaire*, 50(2), 4-8.
- Mayer, J.D., Caruso, D.R., & Salovey, P. (2016). The ability model of emotional intelligence : Principles and updates. *Emotion Review*, 8, 290-300.
- Mayer, J.D., & Salovey, P. (1997). What is emotional intelligence ? In P. Salovey & D. Sluyter (Éds.), *Emotional development and emotional intelligence : Educational implications* (pp. 3-31). New York : Basic Books.
- Mazziotti, A., & Sander, D. (2015). Les émotions au service de l'apprentissage : appraisal, pertinence et attention émotionnelle. *A.N.A.E*, 139, 537-544.
- McLaughlin, T., Aspden, K., & Clarke, L. (2017). How do teachers support children's social-emotional competence ? Strategies for teachers. *Early Childhood Folio*, 21(2), 21-27.

- Meiklejohn, J., Phillips, C., Lee Freedman, M., Lee Griffin, M., Biegel, G., Roach, A.,... Saltzman, A. (2012). Integrating mindfulness training into K-12 education : Fostering the resilience of teachers and students. *Mindfulness*, 3, 291–307.
- Meredith, R.M. (2015). Sensitive and critical periods during neurotypical and aberrant neurodevelopment : A framework for neurodevelopmental disorders. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 50, 180–188.
- Mikolajczak, M., Quoidbach, J., Kotsou, I., & Nelis, D. (2020). *Les compétences émotionnelles*. Paris : Dunod.
- Mill, D., & Romano-White, D. (1999). Correlates of affectionate and angry behavior in child care educators of preschool-aged children. *Early Childhood Research Quarterly*, 14(2), 155-178.
- Miller, B.L., & Cummings, J.L. (2007). *The human frontal lobes : Functions and disorders*. New York : Guilford Press.
- Nathanson, L., Rivers, S.E., Flynn, L.M., & Brackett, M.A. (2016). Creating emotionally intelligent schools with RULER. *Emotion Review*, 8(4), 305–310.
- Nummenmaa, L., Glerean, E., Hari, R., & Hietanen, J.K. (2014). Bodily maps of emotions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(2), 646–651.
- Oberle, E., & Schonert-Reichl, K.A. (2016). Stress contagion in the classroom ? The link between classroom teacher burnout and morning cortisol in elementary school students. *Social Science & Medicine*, 159, 30–37.
- Palama, A., Theurel, A., & Gentaz, E. (2017) Le développement des émotions primaires durant l'enfance. *Médecine et enfance*, 7, 195–201.
- Park, K.A., Lay, K.-I., & Ramsay, L. (1993). Individual differences and developmental changes in preschoolers' friendships. *Developmental Psychology*, 29(2), 264-270.
- Pekrun, R., & Linnenbrink-Garcia, L. (2014). *International handbook of emotion in education*. New York : Routledge.
- Pessoa, L. (2008). On the relationship between emotion and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(2),148–58.
- Pickersgill, M. (2020). Epigenetics, education, and the plastic body : Changing concepts and new engagements. *Research in Education*, 107(1), 72–83. 2–1
- Raver, C.C. (2002). Emotions matter : Making the case for the role of young children's emotional development for early school readiness. *Social Policy Report*, 16(3), 1–20.
- Renshaw, T.L., & Cook, C.R. (2017). Introduction to the special issue : Mindfulness in the schools historical roots, current status, and future directions. *Psychology in the Schools*, 54(1), 5–12.
- Richard, S., Baud-Bovy, G., Clerc-Georgy, A., & Gentaz, E. (2021). The effects of a « pretend play-based training » designed to promote the development of emotion comprehension, emotion regulation and prosocial behavior in 5-6-year-old Swiss children. *British Journal of Psychology*, 112(3), 690–719.

- Richard, S., Clerc-Georgy, A., & Gentaz, E. (2019). Les bénéfiques du jeu sur le développement psychologique de l'enfant et les interventions de l'adulte dans le jeu de l'enfant. *Médecine & Enfance*, 39(5-6), 137-143.
- Richard, S., Gay, P., Clerc-Georgy, A., & Gentaz, E. (2019). Evaluation d'un entraînement basé sur le jeu de faire semblant destiné à favoriser le développement des compétences socio-émotionnelles chez les enfants de cinq ans : Étude exploratoire. *L'Année psychologique*, 119(3), 291-332.
- Richard, S., & Gentaz, É. (2020). Le jeu de faire semblant favorise-t-il le développement des compétences socio-émotionnelles ? *A.N.A.E.*, 165(32), 1782.
- Romano, E., Babchishin, L., Pagani, L.S., & Kohen, D. (2010). School readiness and later achievement : Replication and extension using a nationwide Canadian survey. *Developmental Psychology*, 46(5), 995-1007.
- Roeser, R. W., Schonert-Reichl, K. A., Jha, A., Cullen, M., Wallace, L., Wilensky, R., ...Harrison, J. (2013). Mindfulness training and reductions in teacher stress and burnout : Results from two randomized, waitlist-control field trials. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 787-804.
- Rosenberg, M., & Chopra, D. (2015). *Nonviolent communication : A language of life* (3^e éd. : Life-Changing Tools for Healthy Relationships). Encinitas, CA : PuddleDancer Press.
- Rubin, K. H., Fein, G. G., & Vandenberg, B. (1983). Play. In E. M. Hetherington & P. H. Mussen (Éds.), *Handbook of child psychology : Socialization, personality, and social development* (vol. 4, pp. 693-774). New York : John Wiley & Sons.
- Russell, J.A., & Barrett, L.F. (1999). Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion : Dissecting the elephant. *Journal of Personality and Social Psychology*, 76, 805-819.
- Saarni, C. (1990). Emotional competence : How emotions and relationships become integrated. In R.A. Thompson (Éd.), *Socioemotional development. Nebraska symposium on motivation* (vol. 36, pp. 115-182). Lincoln, NE : University of Nebraska Press.
- Sander, D. (2013). Models of emotion : The affective neuroscience approach. In J.L. Armony & P. Vuilleumier (Éds.), *The Cambridge handbook of human affective neuroscience* (pp. 5-53). Cambridge : Cambridge University Press.
- Sander, D. (2016). *Psychologie des émotions*. Boulogne-Billancourt : Encyclopædia Universalis.
- Scherer, K.R. (Éd.) (1988). Appendix F. In *Facets of emotion : Recent research* (pp. 241-243). Hillsdale, NJ : Erlbaum. [Version revised by the members of the Geneva Emotion Research Group]. Repéré à https://www.unige.ch/cisa/files/7714/6719/1826/FiveLangAffectTerms_0.pdf
- Schutz, P.A., & Pekrun, R. (2007). Introduction to emotion in education. In P. Schutz & R. Pekrun (Éds.), *Emotion in education : A volume in educational psychology* (pp. 3-10). Cambridge, MA : Academic Press.
- Sprung, M., Münch, H.M., Harris, P.L., Ebesutani, C., & Hofmann, S.G. (2015). Children's emotion understanding : A meta-analysis of training studies. *Developmental Review*, 37, 41-65.

- Sutton, R.E., Mudrey-Camino, R., & Knight, C.C. (2009). Teachers' emotion regulation and classroom management. *Theory into Practice, 48*(2), 130–137.
- Sutton, R.E., & Wheatley, K.F. (2003). Teachers' emotions and teaching: A review of the literature and directions for future research. *Educational Psychology Review, 15*(4), 327–358.
- Taumoepeau, M., & Ruffman, T. (2006). Mother and infant talk about mental states relates to desire language and emotion understanding. *Child Development, 77*(2), 465–481.
- Tenenbaum, H.R., Alfieri, L., Brooks, P.J., & Dunne, G. (2008). The effects of explanatory conversations on children's emotion understanding. *British Journal of Developmental Psychology, 26*, 249–263.
- Theurel, A., & Gentaz, E. (2015). Entraîner les compétences émotionnelles à l'école. *A.N.A.E, 139*, 545–555.
- Theurel, A., Gimbert, F. & Gentaz, E. (2018). Quels sont les bénéfices académiques, cognitifs, socio-émotionnels et psychologiques des interventions basées sur la pleine conscience en milieu scolaire ? Une synthèse des 39 études quantitatives publiées entre 2005 et 2017. *A.N.A.E., 154*, 337–352.
- Thompson, R.A. (2006). Conversation and developing understanding: Introduction to the special issue. *Merrill-Palmer Quarterly, 52*(1), 1–16.
- Truffer-Moreau, I. (2020). Dans la perspective d'une didactique des apprentissages fondamentaux : « La structure pédagogique », un dispositif au service d'une pédagogie des transitions. In A. Clerc-Georgy & S. Duval (Éds), *Les apprentissages fondateurs de la scolarité : enjeux et pratiques à la maternelle* (pp. 53-69). Lyon : Chronique sociale.
- Ursache, A., Blair, C., Stifter, C., Voegtline, K., & The Family Life Project Investigators (2013). Emotional reactivity and regulation in infancy interact to predict executive functioning in early childhood. *Developmental Psychology, 49*(1), 127-137.
- Vohs, K.D., & Baumeister, R.F. (2017). *Handbook of self-regulation*. New York : Guilford Press.
- Vygotsky, L.S. (1933/2016). Play and its role in the mental development of the child. *International Research in Early Childhood Education, 7*(2), 3-25.
- Widen, S.C., & Russell, J.A. (2008). Children acquire emotion categories gradually. *Cognitive Development, 23*(2), 291–312.
- Widen, S.C., & Russell, J.A. (2013). Children's recognition of disgust in others. *Psychological Bulletin, 139*(2), 271–299.
- Yelinek, J., & Grady, J.S. (2019). 'Show me your mad faces!' Preschool teachers' emotion talk in the classroom. *Early Child Development and Care, 189*(7), 1063–1071.
- Zenner, C., Herrnleben-Kurz, S., & Walach, H. (2014). Mindfulness-based interventions in schools - A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychology, 5*, 603.

Zhang, T.-Y., & Meaney, M.J. (2010). Epigenetics and the environmental regulation of the genome and its function. *Annual Review of Psychology*, *61*, 439–466.

Zoogman, S., Goldberg, S.B., Hoyt, W.T., & Miller, L. (2015). Mindfulness interventions with youth : A meta-analysis. *Mindfulness*, *6*(2), 290–302.

Notices biographiques

Sylvie Richard est professeure à la Haute école pédagogique du canton du Valais (Suisse). Elle intervient notamment dans le cadre des cours consacrés aux apprentissages fondamentaux dans la formation initiale et continue des enseignants.e.s. Elle réalise actuellement un doctorat en psychologie à l'Université de Genève sous la direction du P^r Gentaz (Faculté de psychologie) et de la P^{re} Clerc-Georgy (HEP-Vaud). Sylvie Richard fait partie de l'équipe du laboratoire du développement sensori-moteur affectif et social (SMAS) à l'Université de Genève et du groupe d'intervention et de recherche sur les apprentissages fondamentaux (GIRAF) à la HEP du canton de Vaud et du Valais. Ses recherches portent sur le jeu de faire semblant et le développement des compétences socio-émotionnelles chez les enfants de 5–6 ans.

COURRIEL : SYLVIE.RICHARDGLASSEY@UNIGE.CH

Philippe Gay a travaillé plusieurs années en neuropsychologie et en psychiatrie (HUG, CHUV, hôpital de La Chaux-de-Fond) avant de réaliser un doctorat en psychologie à l'Université de Genève au sein de l'Unité de psychopathologie et neuropsychologie cognitive en collaboration avec le Centre interfacultaire en sciences affectives. En plus de différents mandats de recherche et de formation dans les universités et les HES, Philippe Gay enseigne depuis 2010 dans le secondaire II (à l'ECCG-EPP de Sion) et à la HEP-Vaud depuis 2020 après avoir travaillé à la HEP-Valais de 2009 à 2020. Ses travaux de recherches s'intéressent notamment aux mécanismes émotionnels et cognitifs qui peuvent constituer autant de freins et de leviers pour enseigner / apprendre.

COURRIEL : PHILIPPE.GAY@HEPL.CH

Édouard Gentaz est professeur de psychologie du développement de l'adolescence à la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation de l'Université de Genève depuis 2012. Il y dirige le laboratoire du développement sensori-moteur, affectif et social (SMAS). Ses recherches portent sur la perception, les compétences des bébés, les apprentissages scolaires, les compétences émotionnelles et le développement psychologique des aveugles. Il est également directeur des Archives Jean Piaget et rédacteur en chef de la revue ANAE – Approche neuropsychologique des apprentissages. Enfin, il propose un cours gratuit et libre d'accès (MOOC) sur le développement psychologique de l'enfant.

COURRIEL : EDOUARD.GENTAZ@UNIGE.CH

Cognition, métacognition, éducation : l'approche intégrative de l'Atelier d'Apprentissage

Christine Hessels-Schlatter¹, Marco G.P. Hessels^{1,2},
Sophie Brandon¹

¹Université de Genève

²North-West University, Afrique du Sud

RÉSUMÉ – L'Atelier d'Apprentissage est un service spécialisé dans la remédiation des problèmes d'apprentissage. L'approche développée est un exemple d'intégration des apports des sciences cognitives aux questions éducatives. Cette contribution décrit notre approche globale et intégrative d'intervention ainsi que ses caractéristiques principales : 1) une perspective résolument métacognitive tant dans ses objectifs que dans ses méthodes d'intervention pour la remédiation des processus de pensée et d'apprentissage ; 2) l'accent mis sur la promotion du transfert des compétences acquises au contexte de vie propre à l'apprenant (école, travail, vie quotidienne). Les apports d'une analyse cognitive des tâches pour optimiser le transfert des apprentissages, ainsi que pour développer de manière efficace les compétences en lecture des personnes avec déficience intellectuelle seront illustrés.

MOTS CLÉS – troubles neurodéveloppementaux, intervention métacognitive, stratégies d'apprentissage, remédiation cognitive, transfert

L'objectif de cette contribution est d'illustrer comment les connaissances issues des sciences cognitives permettent de nourrir les interventions éducatives auprès d'apprenants en difficulté, au travers de l'exemple de l'Atelier d'Apprentissage. L'Atelier d'Apprentissage est une consultation en éducation spéciale de l'Université de Genève, spécialisée dans la remédiation des problèmes d'apprentissage. Elle s'adresse aux personnes présentant

des troubles neurodéveloppementaux (déficience intellectuelle, trouble du spectre de l'autisme, déficit de l'attention/hyperactivité, dyslexie, dyscalculie) ou des difficultés d'apprentissage sans troubles avérés. Notre approche globale et intégrative se situe au carrefour des sciences cognitives et éducatives. La compréhension du développement et du fonctionnement cognitif est au centre de notre modèle. Elle guide l'analyse des facteurs entravant l'apprentissage et la mise en place d'une démarche d'intervention permettant d'améliorer les processus de pensée et d'apprentissage de manière efficace.

Les déterminants de l'apprentissage et de la pensée

L'apprentissage et la pensée sont déterminés par des aptitudes cognitives, métacognitives, et motivationnelles. Ces trois concepts, initialement étudiés indépendamment les uns des autres dans différentes disciplines et courants des sciences cognitives (cognitivisme, cognitivo-comportementalisme, sociocognitivisme), ont de plus en plus été appliqués au domaine de l'éducation et des apprentissages disciplinaires, soit de manière isolée, soit de manière conjointe au travers du concept d'apprentissage autorégulé (Boekaerts & Corno, 2005 ; Zimmerman & Schunk, 2011).

Les processus cognitifs (p. ex. mémoire de travail, attention sélective, fonctions exécutives) sont des processus de traitement de l'information, s'activant généralement de manière automatique et non consciente, et permettant d'acquérir, transformer, stocker, et utiliser les connaissances (Brandimonte, Bruno, & Collina, 2006). Ils sont nécessaires pour percevoir l'environnement, le comprendre, et y répondre de manière adaptée. Leur implication dans l'apprentissage a été largement démontrée (p. ex. Lubin, Regrin, Boulc'h, Pacton, & Lanoë, 2016). La motivation se définit comme un ensemble de sentiments et croyances (tels que sentiment d'efficacité, attribution causale, but d'accomplissement) déterminant les conduites d'apprentissage. De nombreuses recherches ont souligné son impact sur la réussite scolaire (p. ex. Zimmerman, 2011). En ce qui concerne la métacognition, celle-ci joue un rôle prépondérant dans l'apprentissage comme l'atteste nombre d'études menées auprès d'apprenants du préscolaire au postsecondaire (Bryce, Whitebread, & Szűcs, 2015 ; Haberkorn, Lockl, Pohl, Ebert, & Weinert, 2014 ; Ludwig, Finkbeiner, & Knierim, 2013). Sa valeur prédictive des apprentissages est même supérieure à celle de l'efficacité intellectuelle (test QI) ou des processus cognitifs (Blair & Razza, 2007 ; Veenman & Spaans, 2005).

La métacognition fait référence à deux composantes interdépendantes (Brown, 1987 ; Pintrich, 2002). La première concerne les métaconnaissances, c'est-à-dire les connaissances qu'un apprenant a de sa propre cognition

(forces, faiblesses, habitudes d'apprentissage), sur les tâches (domaine, caractéristiques, difficultés), et sur les stratégies (connaître des stratégies, pourquoi, comment et quand les utiliser). La deuxième composante concerne les processus métacognitifs qui régulent et contrôlent la cognition et l'apprentissage. Ces derniers sont généralement divisés en trois sous-catégories : planification, contrôle continu et évaluation. La métacognition intervient dans tous les aspects de la pensée et de l'apprentissage. Une mise en œuvre efficace des habiletés métacognitives pourrait être la suivante (Hessels-Schlatter, Hessels, Godin, & Spillmann-Rojas, 2017) : avant de commencer une tâche, l'apprenant définit les buts, anticipe les difficultés et définit les étapes de résolution. Ses métaconnaissances sur les caractéristiques de la tâche et sur ses propres forces et faiblesses le guideront durant ce processus. L'apprenant peut employer des stratégies afin de déjouer les difficultés anticipées, mieux comprendre les demandes de la tâche, organiser les informations ou encore pour réguler son attention. Tout au long de l'exécution de la tâche, l'apprenant contrôle ses activités et ses progrès : il contrôle sa compréhension, corrige et révisé ses productions, adapte les stratégies et réajuste son plan de résolution. Une fois la tâche terminée, le processus d'évaluation permet à l'apprenant de comparer le résultat obtenu aux demandes de la tâche ou à ses propres buts, et de réfléchir sur sa manière de résoudre le problème, ainsi que sur l'efficacité des stratégies utilisées.

Les individus présentant des troubles neurodéveloppementaux se caractérisent par des déficits ou limitations plus ou moins marquées sur le plan cognitif, métacognitif, et/ou motivationnel, constituant un frein à l'apprentissage, et entravant leurs capacités d'autonomie et d'adaptation aux demandes du milieu. En ce qui concerne la cognition, les déficits au niveau du raisonnement logique, de la mémoire de travail (MdT), des fonctions exécutives, de l'attention, des processus visuospatiaux, ainsi qu'au niveau du transfert des acquis, sont bien documentés (Inserm, 2016 ; Poloczek, Büttner, & Hasselhorn, 2012 ; Shallice, *et al.*, 2002). Les recherches témoignent également d'une insuffisance au niveau des compétences métacognitives dans ces différents groupes d'apprenants : leurs métaconnaissances sont imprécises, ils ne les utilisent pas ou de manière inappropriée pour réguler leurs actions, et ils ont recours de façon limitée ou inefficace aux activités de planification, de contrôle continu et d'évaluation. Non seulement ils utilisent généralement moins de stratégies, mais elles sont aussi moins élaborées voire même inadéquates, ou utilisées de manière rigide et peu efficace (Händel, Lockl, Heydrich, Weinert, & Artelt, 2014 ; Nader-Grosbois, 2014). Au niveau de la motivation, les apprenants en difficulté présentent souvent une dynamique motivationnelle inadéquate, induisant des comportements entravant l'apprentissage. Ils peuvent éprouver un faible sentiment d'efficacité, attribuer les réussites et échecs à des causes incontrôlables, ou poursuivre des buts de performance plutôt que des buts de maîtrise. Par conséquent, les comportements d'apprentissage que l'on observe chez ces personnes sont caractérisés

par des stratégies d'évitement, un manque de persévérance, des blocages et, habituellement, une passivité généralisée dans l'apprentissage (Baird, Scott, Dearing, & Hamill, 2009 ; Lichtinger & Kaplan, 2015).

Les différentes approches d'intervention et leurs limites

Différents programmes et méthodes, issus de courants théoriques distincts, ont été conçus afin de développer ou rééduquer les processus de pensée et d'apprentissage (Hessels & Hessels-Schlatter, 2013). Ces approches se distinguent selon le type de compétences visées (cognitives, métacognitives), le degré de généralité ou transférabilité des stratégies entraînées, le type de tâches utilisées (tâches artificielles ou à contenu disciplinaire), ainsi que le public auquel elles s'adressent (âge, présence et types de troubles). Nous pouvons définir trois grands types d'approches, selon qu'elles sont orientées sur : 1) des processus de pensée généraux : il s'agit de programmes « d'éducation cognitive », entraînant des stratégies générales sur des tâches artificielles (p. ex. PEI de Feuerstein, Rand, Hoffman, & Miller, 1980) ; 2) des processus métacognitifs spécifiques à des disciplines scolaires : ces approches enseignent des stratégies spécifiques à la lecture ou à la résolution de problèmes mathématiques, avec des tâches scolaires (p. ex. l'Enseignement Réciproque de Brown, voir Spörer, Brunstein, & Kieschke, 2009 ; Solve it ! de Montague, 2003) ; 3) des processus cognitifs particuliers : les approches neurocognitives et les logiciels de remédiation cognitive entraînant la MdT, l'attention ou les fonctions exécutives, sur des tâches artificielles (p. ex. CogMed de Klingberg, *et al.*, 2005).

Toutes ces approches manquent cependant d'efficacité ou ne produisent pas d'effets de transfert. Les programmes issus du premier groupe ont des effets très limités sur les aptitudes cognitives, et aucun transfert aux apprentissages scolaires ou professionnels n'est constaté (Dignath, Büttner, & Langfeldt, 2008 ; Higgins, Hall, Baumfield, & Moseley, 2005). La littérature montre des résultats mitigés pour les programmes du troisième groupe. Des gains significatifs dans les processus cognitifs entraînés sont assez souvent observés, mais les effets de transfert au domaine scolaire ou à d'autres contextes n'ont pas encore pu être démontrés (Deforge, 2011 ; Van der Donk, *et al.*, 2017). Cela est principalement dû au fait que ces programmes utilisent des tâches de laboratoire artificielles, conçues de manière à ne mettre en jeu que certains processus en particulier. Ces activités ne correspondent pas à la complexité des tâches et aux situations d'apprentissage auxquelles sont confrontés les apprenants, et qui nécessitent une mise en œuvre et une coordination de l'ensemble des processus de traitement d'information. Du point de vue des apprenants, elles sont trop éloignées des contenus scolaires

et manquent de validité apparente. Par ailleurs, les aspects métacognitifs n'étant pas inclus, la prise de conscience et la réflexion ne sont pas favorisés. Les approches du deuxième groupe ont par contre un impact positif tant sur les stratégies entraînées que sur les performances aux tâches (lecture ou mathématique selon les programmes) sur lesquelles elles portent (Dignath, *et al.*, 2008). Cependant ces stratégies sont très spécifiques au domaine concerné, et par conséquent non transférables à d'autres tâches ou situations. Par ailleurs, la recherche montre que ces programmes ne sont efficaces que s'ils sont appliqués par les chercheurs eux-mêmes, les enseignants manquant de connaissances et de savoir-faire dans ce domaine (Dignath, *et al.*, 2008). Finalement, toutes ces méthodes ne sont que très peu adaptées aux personnes présentant une déficience intellectuelle modérée à sévère.

L'enseignement (ordinaire et spécialisé), de son côté, ne considère pas les déficits cognitifs et métacognitifs qui limitent l'accès à l'apprentissage, qu'il soit disciplinaire, professionnel, ou lié aux actes de la vie quotidienne, avec pour conséquence une progression limitée au niveau des acquisitions (Dignath, *et al.*, 2008 ; Pintrich, 2002). La transmission des savoirs reste inefficace tant que les processus de pensée et d'apprentissage sous-jacents ne sont pas pris en considération, c'est-à-dire entraînés, compensés, ou que leur impact négatif n'est pas amoindri en aménageant les tâches et les méthodes d'enseignement. Sur le plan métacognitif, bien que les enseignants et les éducateurs jouent un rôle prépondérant dans le développement des compétences métacognitives, peu d'entre eux enseignent ces compétences de manière explicite (Dignath & Veenman, 2020 ; Kistner, *et al.*, 2010 ; Spruce & Bol, 2015). Les auteurs pointent du doigt les méconnaissances des enseignants concernant la métacognition, les stratégies, et plus généralement les mécanismes d'apprentissage. Du point de vue des processus cognitifs, si certaines pratiques enseignantes sont encouragées (notamment celles qui soutiennent la MdT et l'attention), elles ne sont encore que peu appliquées, et généralement uniquement pour les apprenants pour lesquels un diagnostic de dyslexie ou déficit d'attention/hyperactivité a été établi.

L'Atelier d'Apprentissage : une approche globale et intégrative

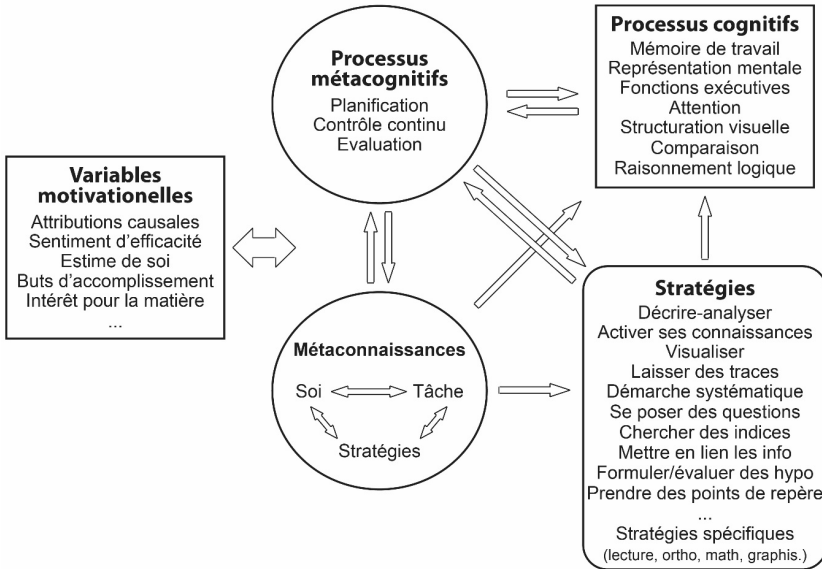
L'Atelier d'Apprentissage offre une prise en charge des problèmes d'apprentissage aux personnes (enfants, adolescents, adultes) présentant des troubles neurodéveloppementaux ou des difficultés d'apprentissage non spécifiées. L'approche que nous avons développée est une alternative aux modèles d'intervention et d'enseignement existants. Elle est empiriquement fondée (voir Hessels-Schlatter, *et al.*, 2017) et intègre les apports des sciences cognitives et des sciences de l'éducation.

Nous partons du constat que l'éducation et la remédiation auprès d'apprenants en difficulté se heurtent fréquemment à deux écueils : une progression limitée des acquisitions ou du fonctionnement intellectuel global, et le manque de transfert des acquis sur des tâches différentes de celles de l'intervention. On peut attribuer ce manque d'efficacité aux méconnaissances réciproques des sciences cognitives et éducatives, comme exposé précédemment : les approches cognitives n'ont que peu de liens avec les situations naturelles et sont trop éloignées des réalités éducatives, et l'enseignement traditionnel ignore les déterminants cognitifs de l'apprentissage. Nous estimons qu'aussi bien la compréhension des difficultés d'apprentissage que leur remédiation ne peuvent s'effectuer de façon fragmentée et doivent être considérées à la lumière des facteurs cognitifs (processus de pensée et d'apprentissage ; caractéristiques propres des troubles) et éducatifs (contenus et contextes d'apprentissage, validité écologique des tâches) de manière conjointe. Cela inclut également une collaboration avec tous les acteurs concernés (famille, enseignant, éducateur, neuropsychologue, logopédiste). Aussi, notre approche se veut globale et intégrative afin d'aborder la dynamique du fonctionnement de la personne dans sa globalité, sa complexité et son unicité.

Modèle des processus de pensée et d'apprentissage

En ce qui concerne les processus de pensée et d'apprentissage, nous avons développé un modèle (basé sur les considérations théoriques discutées plus haut) qui nous sert de cadre aussi bien pour l'évaluation que pour l'intervention (fig. 1 ; voir aussi Hessels-Schlatter, 2010a,b ; Hessels-Schlatter, *et al.*, 2017). Ce modèle articule les habiletés cognitives (processus attentionnels, mnésiques, exécutifs, visuospatiaux, et logiques), métacognitives (planification, contrôle continu, évaluation, métaconnaissances, stratégies), et motivationnelles (sentiment d'efficacité, estime de soi, attributions causales). Ces différentes composantes s'influencent mutuellement, selon un processus dynamique et récursif. Les métaconnaissances (connaissances sur son fonctionnement, les caractéristiques des tâches, l'utilité et les conditions d'application des stratégies) déterminent l'application des processus métacognitifs et des stratégies, et contribuent à une meilleure gestion des processus cognitifs. Par exemple, la conscience qu'une tâche implique un nombre important d'étapes (métaconnaissances sur la tâche) et que l'on a tendance à être désorganisé ou à oublier des parties (métaconnaissances sur soi) permet à l'apprenant de planifier la tâche (anticiper les difficultés, définir les étapes), contrôler ses activités, et évaluer sa performance en conséquence.

Figure 1. Modèle théorique des processus de pensée et d'apprentissage, et leurs interactions.



Ses connaissances de l'utilité et des conditions d'application des stratégies guident l'apprenant dans la sélection de stratégies appropriées (p. ex. numéroter ou laisser des traces) afin de faciliter la planification et le contrôle, et soutenir les processus cognitifs (MdT, attention sélective).

Les stratégies sont particulièrement importantes. Nous les définissons comme des activités permettant d'apprendre (comprendre, mémoriser, récupérer, et appliquer les connaissances) et d'exécuter des tâches plus facilement et de manière plus efficace. La plupart des modèles théoriques (Pintrich, 2002 ; Weinstein, Husman, & Dierking, 2000) limite la définition des stratégies au rôle qu'elles jouent dans la compréhension et la mémorisation des informations (p. ex. stratégies d'organisation, élaboration, encodage et récupération), et ne les rattache pas à des processus cognitifs spécifiques. Notre modèle intègre non seulement les stratégies liées à l'acquisition des connaissances, mais également les stratégies nécessaires au traitement des tâches en cours (qu'il s'agisse d'un exercice scolaire ou d'un travail en atelier). De plus, nous lions directement les stratégies aux processus cognitifs (MdT, attention, processus visuospatiaux, etc.) et métacognitifs qu'elles permettent d'activer, soutenir ou faciliter (voir les exemples plus loin). Les stratégies peuvent être générales (transférables à différents types de tâches) ou spécifiques à un type d'activité. Elles sont toujours dirigées vers un but, et, contrairement aux processus cognitifs, elles sont appliquées de manière intentionnelle et consciente. De ce fait, elles dépendent non seulement de

la qualité des métaconnaissances, mais également de la dynamique motivationnelle. Se montrer stratégique requiert des efforts et de la volonté à persévérer. Par conséquent, l'apprenant doit se sentir capable et avoir un sentiment de contrôle sur la situation. Inversement, disposer d'un répertoire de stratégies étoffé induit chez l'apprenant un sentiment d'efficacité et de contrôle accru. Les réflexions et prises de conscience en fin de tâche (évaluation) permettent d'affiner les métaconnaissances et favorisent une dynamique motivationnelle positive.

En ce qui concerne les processus cognitifs, des métaconnaissances et stratégies adéquates, comme on l'a vu, peuvent contribuer à un déploiement plus efficace. Cependant, l'application de stratégies mobilise des ressources cognitives, d'autant plus si elles ne sont pas automatisées. De même des pensées intrusives liées à des sentiments ou croyances motivationnelles négatives chargent inutilement la MdT. Finalement, planifier et contrôler ses activités (processus métacognitifs) repose sur des capacités mnésiques et exécutives (processus cognitifs) robustes.

L'évaluation à l'Atelier d'Apprentissage

Nous procédons à une évaluation globale des problèmes d'apprentissage en nous intéressant aussi bien aux processus de pensée et d'apprentissage qu'aux aspects familiaux, scolaires ou professionnels qui peuvent éclairer la situation. Dans un premier temps, nous effectuons un entretien avec l'apprenant, afin d'obtenir des informations sur sa propre perception de la situation, ses capacités d'autoévaluation, ses métaconnaissances, ainsi que sa dynamique motivationnelle. Le but est également d'éclaircir les habitudes de travail, l'organisation des tâches à faire, la concentration en classe, ou encore les aides parentales. Puis nous demandons aux parents ou représentants légaux de compléter ces informations (p. ex. antécédents, éventuels diagnostics, parcours scolaire). La perception de la situation par l'entourage permet de mettre en contexte les informations obtenues et d'éclairer la situation selon différents points de vue. Dans un deuxième temps, nous proposons à l'apprenant d'effectuer différents exercices afin d'évaluer les compétences cognitives, métacognitives, et motivationnelles.

Évaluation clinique fonctionnelle, écologique et dynamique

L'évaluation des processus de pensée et d'apprentissage repose sur l'observation clinique (directe et/ou d'après les enregistrements vidéo) de la mise en œuvre de ces processus en cours de tâche. Dans un contexte éducatif, il est essentiel pour nous de pouvoir lier directement l'évaluation à l'intervention. Des performances obtenues à des tests psychométriques (compétences cognitives) ou des stratégies et croyances rapportées au travers de questionnaires ou d'entretiens (compétences métacognitives et motivationnelles) ne

nous apportent que peu d'informations quant au déploiement de ces variables en situation réelle. Par contre, l'observation des verbalisations et des comportements en cours de tâche permet d'évaluer de façon microanalytique la mise en œuvre des processus de pensée et d'apprentissage en tant que processus dynamiques (et non comme des états ou traits psychologiques), et de façon contextualisée et située, en relation avec une tâche et une situation précises (Cleary, Callan, & Zimmerman, 2012 ; Ludwig, *et al.*, 2013). Ainsi, dans notre pratique, l'évaluation des processus de pensée est fonctionnelle, écologique et dynamique.

L'évaluation est *fonctionnelle* car notre intérêt n'est pas de déterminer si et à quel degré les habiletés sont limitées (au travers de comparaison avec des normes de référence), mais de comprendre comment elles sont mises en œuvre, avec quelle efficacité, quelles sont les interactions entre les processus, quels éléments entravent ou au contraire soutiennent les processus, et quelles en sont les répercussions sur les performances. Nous sommes donc peu intéressés au résultat, mais centrés sur les processus qui conduisent à ce résultat.

L'évaluation est *écologique* car nous n'utilisons pas de tâches artificielles et décontextualisées comme c'est le cas dans les tests psychométriques, mais des tâches complexes, impliquant la mise en œuvre simultanée de tous les processus, et similaires aux situations d'apprentissage que l'apprenant rencontre dans son quotidien. Cela nous permet d'analyser quels facteurs du contexte (demandes de la tâche, charge cognitive) ou de la personne entravent ou au contraire favorisent l'application des processus de pensée et leur efficacité. Nous utilisons deux types de tâches, l'une dite neutre (problème visuospatial) et l'autre avec contenu disciplinaire. Ceci nous permet de comparer la mobilisation des processus entre les deux types de tâches. En effet, une tâche scolaire peut entraîner un sentiment d'incapacité ou représenter une situation menaçante si elle rappelle des expériences d'échec. De plus, des lacunes au niveau des savoirs et savoir-faire (p. ex. notions grammaticales, algorithmes) peuvent provoquer une surcharge cognitive et entraver le processus de résolution.

Finalement, l'évaluation est *dynamique* car caractérisée par une interaction entre l'apprenant et l'examineur, au travers d'un questionnement métacognitif. D'une part, l'apprenant est amené à expliciter sa démarche ce qui donne accès à ses processus de pensée. D'autre part, cela permet à l'examineur de fournir des aides et des étayages, ce qui renseigne sur les ajustements des processus en fonction de l'avancement dans la tâche ou des aides apportées.

Relevons encore que l'évaluation est continue et se poursuit durant l'intervention, permettant l'ajustement des objectifs, des outils et du matériel selon l'évolution de l'apprenant.

L'intervention à l'Atelier d'Apprentissage

Le but des prises en charge à l'Atelier d'Apprentissage est de stimuler, entraîner, ou rééduquer les processus de pensée et d'apprentissage (cognitifs, métacognitifs, motivationnels), et de soutenir les apprenants dans les situations d'apprentissage qui sont les leurs (famille, école, travail). Les objectifs spécifiques sont établis suite à l'évaluation initiale. Les interventions sont entièrement individualisées et adaptées aux besoins de chaque personne, et nous entretenons une étroite collaboration avec la famille et les différents professionnels impliqués.

L'entraînement des habiletés métacognitives et motivationnelles s'effectue toujours de manière explicite (notamment au travers des métaconnaissances) et structurée (Bissonnette, Richard, Gauthier, & Bouchard, 2010 ; Campione & Brown, 1984 ; Pintrich, 2002). L'enseignement structuré non seulement renforce les habiletés métacognitives (stratégies, planification, contrôle, évaluation), mais aussi soutient les processus cognitifs (attention, fonctions exécutives). Ces derniers sont également rendus plus performants par l'enseignement de stratégies de soutien et le développement des métaconnaissances (prise de conscience de ses propres difficultés attentionnelles ou mnésiques). Par ailleurs, nous tentons de minimiser les entraves à l'apprentissage dues aux déficits cognitifs en aménageant les tâches de manière à limiter les surcharges cognitives liées à la forme ou au contenu des tâches (p. ex. nombre d'informations à traiter, style des caractères).

Durant l'intervention, nous proposons tout d'abord des tâches neutres (jeux, problèmes visuospatiaux) pour les raisons motivationnelles et cognitives évoquées plus haut. L'objectif est que l'apprenant dédie ses ressources attentionnelles à la découverte, application et réflexion sur les stratégies/processus (et non sur le contenu). Ensuite, nous transférons les compétences et les stratégies sur des tâches scolaires, professionnelles ou du quotidien, en fonction des objectifs d'intervention.

Une approche métacognitive

La métacognition est fondamentale dans l'approche à l'Atelier d'Apprentissage, tant dans ses méthodes d'intervention (enseignement explicite, questionnement métacognitif, et utilisation de la verbalisation pour favoriser la prise de conscience de son fonctionnement, la réflexion et le contrôle de ses activités cognitives) que dans ses objectifs (développement des capacités de planification, contrôle et évaluation, des stratégies et des métaconnaissances). Cependant, le développement des compétences métacognitives n'est pas considéré comme une fin en soi. La métacognition est toujours traitée en lien avec des situations d'apprentissage particulières, et dans son rôle de soutien aux processus cognitifs. Comme lors de l'évaluation, l'intérêt est porté davantage sur les processus nécessaires à l'acquisition, à la rétention, et à l'utilisation des connaissances, que sur les connaissances elles-mêmes.

Une approche centrée sur le transfert

Une autre spécificité de notre approche concerne le transfert des apprentissages, que nous entraînons systématiquement et de manière explicite au cours de l'intervention. L'application d'une compétence acquise dans un contexte particulier à un nouveau contexte ne va pas de soi pour nombre d'apprenants, et exige un enseignement explicite, sur des tâches variées, liées aux expériences propres de la personne, c'est-à-dire qui ont une validité écologique (Campione & Brown, 1984 ; Pintrich, 2002). Par ailleurs, l'amélioration d'une compétence isolée n'est sans doute pas suffisante pour donner lieu à du transfert, si les autres processus de pensée restent inefficaces. C'est pourquoi notre approche insiste sur le développement simultané de toutes les compétences cognitives, métacognitives, et motivationnelles.

Nous entraînons le transfert des habiletés non seulement entre les tâches proposées à l'Atelier, mais aussi sur les activités du quotidien des apprenants. C'est au travers d'une analyse cognitive des tâches (processus impliqués, selon notre modèle) que nous travaillons le transfert. Les processus et stratégies ciblés sont ainsi repris dans une multiplicité de tâches. Cela permet d'exercer et consolider les compétences mais aussi, et surtout d'amener l'apprenant à les adapter aux demandes et spécificités propres à chaque situation. Afin d'illustrer comment une analyse cognitive permet de travailler le transfert entre différentes situations éducatives, nous prenons l'exemple d'un jeu d'observation et explicitons comment les processus et stratégies impliqués dans ce jeu peuvent être concrètement transférés sur une tâche d'orthographe ainsi que sur une activité de cuisine.

Ce jeu d'observation est constitué de planches comprenant chacune neuf variantes d'un même motif. Chaque variante est également représentée sur une petite carte. Les différences entre les variantes sont nombreuses et requièrent une comparaison précise et détaillée des éléments qui y figurent. Le joueur doit replacer chaque carte sur l'image identique de la planche. Ce jeu permet d'entraîner une série de processus et stratégies, dont une partie est décrite ici. Au niveau des processus cognitifs : la MdT (maintenir en mémoire l'élément recherché pendant la comparaison des images), l'attention sélective (focaliser l'attention sur un élément en particulier), l'inhibition (éléments non utiles à la comparaison en cours, ou inhiber une réponse impulsive, comme placer une carte avant d'avoir vérifié tous les éléments), et la flexibilité (changer de critère de recherche en passant à une nouvelle image). Sur le plan métacognitif : la planification (anticiper les difficultés, p. ex. le fait que les images se ressemblent ; déterminer les étapes, p. ex. vérifier toutes les images avant de passer à une nouvelle carte), et le contrôle continu (p. ex. au niveau des détails des images ou revenir sur les erreurs). En ce qui concerne les stratégies qui permettent d'effectuer la tâche plus efficacement, nous en présentons trois ici et précisons quels processus cognitifs et métacognitifs elles permettent de soutenir et comment :

1. Décrire-analyser les images : permet de repérer les caractéristiques pertinentes, comme la position des éléments ; oriente l'attention sur des éléments particuliers ; soutient la MdT par un double encodage verbal et visuel ;
2. Chercher des indices (p. ex. des éléments qui discriminent les images entre elles) : permet de focaliser l'attention sur un aspect particulier, d'inhiber les éléments non pertinents, et de décharger la MdT ; cela favorise également la flexibilité au moment de passer à un nouvel élément ;
3. Laisser des traces (p. ex. mettre de côté les cartes vérifiées) : la réduction du nombre de stimulus visibles soulage la MdT et favorise l'inhibition des éléments superflus ; par conséquent cela renforce l'attention sélective sur les éléments cibles, et autorise une meilleure flexibilité (passer d'un élément à un autre).

Ces trois stratégies soutiennent également la planification (p. ex. la description met en évidence les similitudes des images, et donc la difficulté de la tâche), ou le contrôle (p. ex. la mémoire externe autorise un contrôle continu des activités en cours).

Dans le premier exemple de transfert présenté ici, un exercice d'orthographe, ces mêmes processus et stratégies peuvent être travaillés et directement transférés. Les activités d'orthographe impliquent en effet : le maintien en MdT de la phrase tout en activant le lexique et en appliquant les règles, l'attention sélective (p. ex. focaliser son attention sur une terminaison), l'inhibition (p. ex. des mots précédemment écrits, ou de réponses automatiques, comme ajouter un « s » à un verbe au pluriel), et la flexibilité (changer de règles pour chaque nouveau mot). Comme dans le jeu, on peut amener l'apprenant à anticiper les difficultés (p. ex. les lettres muettes, la présence de subordonnées), planifier les étapes (p. ex. relectures en plusieurs passages : vérifier d'abord tous les noms, puis les accords des verbes), et contrôler (faire attention aux détails, comme les accents, considérer le contexte, p. ex. pour les homophones). On pourra inciter l'apprenant à s'aider des mêmes stratégies que dans le jeu : décrire-analyser les mots (p. ex. pour identifier la classe grammaticale ou repérer les particularités comme les doubles consonnes), chercher des indices (p. ex. le sujet du verbe), et laisser des traces (p. ex. pour se souvenir des mots sur lesquels il faut revenir).

Le deuxième exemple de transfert est une activité de cuisine (confectionner un gâteau). Tout comme dans le jeu, cette activité implique la MdT (maintenir en mémoire les ingrédients déjà ajoutés tout en préparant les suivants), l'attention sélective (p. ex. lors de la recherche du sucre dans l'armoire), l'inhibition (p. ex. inhiber les quantités des ingrédients dont on s'est déjà occupé ; ou une action impulsive, comme verser la farine avant de l'avoir pesée), et la flexibilité (changer d'ustensile selon les besoins, p. ex. le type de cuillère). L'apprenant sera amené à anticiper les difficultés (p. ex. la complexité de la recette), à planifier les étapes (préparer les ingrédients et ustensiles au préalable, faire fondre le beurre avant son utilisation), et à contrôler

(p. ex. le bon déroulement des étapes, les quantités). L'application des mêmes stratégies que dans le jeu sera utile ici : décrire-analyser la recette, afin de repérer les difficultés potentielles et identifier les informations indispensables ; chercher des indices, comme les unités de mesure, ou les numéros des étapes ; laisser des traces, p. ex. souligner des informations dans la recette, ou mettre une alarme qui rappellera de sortir le gâteau du four.

Efficacité de l'approche et pertinence dans le domaine de la lecture chez les personnes avec DI

L'efficacité de l'approche a pu être démontrée dans plusieurs études de validation, auprès de publics variés tant au niveau de l'âge (enfants, adolescents, jeunes adultes) que des conditions (troubles des apprentissages, déficience intellectuelle, déficience auditive, migrants non francophones, élèves tout-venant). Une partie de ces études a été conduite en contexte clinique à l'Atelier d'Apprentissage (voir Bosson, 2010 ; Bosson, *et al.*, 2010). Nous avons ensuite implémenté avec succès notre approche dans des contextes naturels (écoles spéciales, classes spécialisées, classes ordinaires en REP), selon des designs expérimentaux incluant des groupes contrôle, prétest, posttest, et posttest différé (voir Hessels, Hessels-Schlatter, Bosson, & Balli, 2009 ; Hessels-Schlatter, 2010a,b ; Hessels-Schlatter, *et al.*, 2017).

Dans toutes ces recherches, des effets significatifs suite à l'intervention ont pu être constatés sur les compétences métacognitives (processus, stratégies, métaconnaissances), avec transfert sur des tâches à contenu disciplinaire aboutissant à de meilleures performances. Dans les études où cela a été mesuré, les gains ont été maintenus, voire renforcés, après plusieurs mois.

Nous nous limiterons ici à illustrer au travers de deux études de cas la pertinence de notre approche dans le cadre de l'apprentissage de la lecture chez les adultes présentant une déficience intellectuelle (DI) modérée à sévère. La lecture est une activité cognitive complexe, et les déficits que présentent ces personnes entravent considérablement cet apprentissage (Inserm, 2016) ; ne pas influencer directement sur ces habiletés compromet toute tentative d'enseignement. L'objectif de ces études était d'explorer si une intervention métacognitive basée sur notre approche permet d'améliorer les compétences en lecture-identification (étude 1) et lecture-compréhension (étude 2) chez des adultes avec DI importante. Contrairement aux interventions que nous effectuons à l'Atelier d'Apprentissage et celles menées dans les études mentionnées ci-dessus, nous n'avons entraîné que des habiletés spécifiques à la lecture. Afin d'exemplifier comment les composantes cognitives sont intégrées dans notre démarche éducative, nous débutons par une présentation sommaire des processus impliqués dans la lecture. Puis nous

exposons plusieurs stratégies et précisons quels processus cognitifs et métacognitifs elles activent ou soutiennent.

L'implication des processus cognitifs dans la lecture-identification et la lecture-compréhension est bien étayée (p. ex. Cain & Oakhill, 2009 ; Kendeou, *et al.*, 2014 ; Lubin, *et al.*, 2016). La MdT intervient dans le déchiffrage (conversion graphème-phonème) et dans le maintien des sons activés pendant la fusion syllabique. Au niveau de la compréhension, la MdT est indispensable pour les traitements de haut niveau, comme les inférences, la création d'une représentation mentale, et le contrôle de la cohérence. L'attention sélective, l'inhibition et la flexibilité cognitive permettent notamment de sélectionner les informations essentielles, inhiber les informations non pertinentes ou les éléments déjà traités, et d'ajuster les représentations en cours de lecture. La structuration visuelle est impliquée dans la discrimination des lettres (a-o, p-q), les traitements parties-ensemble (lettres-mots, mots-phrase), le repérage sur la page et le suivi d'une ligne. Finalement, le raisonnement logique (inférences inductives et déductives) est essentiel pour la construction du sens, compléter l'implicite et réduire les ambiguïtés. Les inférences concernent par exemple les anaphores, les antécédents causaux, les indicateurs temporels, les connexions entre les différentes parties du texte ainsi qu'avec ses propres connaissances.

Le rôle des habiletés métacognitives a été étudié essentiellement pour la lecture-compréhension (Eme, Puustinen, & Coutelet, 2006 ; Eme & Rouet, 2001). Les recherches soulignent l'importance des métaconnaissances sur la tâche (lire, c'est comprendre ; reconnaître la fonction des éléments qui structurent un texte, les caractéristiques et difficultés selon le type de texte), sur les stratégies (reformuler, résumer), et sur soi (ses forces et faiblesses en tant que lecteur). Les processus métacognitifs sont impliqués au niveau de la planification (p. ex. difficulté du texte, but de lecture), du contrôle continu (vérification de la compréhension, de la cohérence entre les informations internes et externes au texte), et de l'évaluation (jugement de sa compréhension, réflexions sur les stratégies et leur efficacité).

Un grand nombre de stratégies peut être mis en œuvre pour soutenir les différents processus cognitifs et métacognitifs, et, par là, améliorer le décodage et la compréhension (Hessels-Schlatter, 2010a).

1. Décrire-analyser (les graphies, la structure du texte) : soutient la structuration visuelle (discrimination des lettres, traitements spatiaux, analyse-intégration des stimulus), la MdT, et la planification (repérer les difficultés) ;
2. Clarifier (ce qui n'est pas compris) : soutient la flexibilité, les inférences et le contrôle ;
3. Chercher des indices (éléments discriminatifs, informations importantes) : soutient la structuration visuelle, l'attention sélective, l'inhibition, les inférences ;

4. Visualiser (se créer une image mentale) : soutient la structuration visuelle, la flexibilité et les inférences ;
5. Verbaliser (répéter à haute voix les graphèmes décodés, verbaliser ce qui est en train d'être fait) : soutient la MdT, la planification (étapes) et le contrôle ;
6. Reformuler avec ses propres mots : soutient les inférences et le contrôle ;
7. Suivre avec le doigt : soutient la structuration visuelle (se repérer dans la phrase ou page), l'attention sélective, l'inhibition ;
8. Démarche systématique : soutient la MdT, l'inhibition, et la planification.

Dans les deux études, la méthode d'intervention a suivi les principes de notre approche, à savoir : enseignement structuré et explicite (avec développement des métaconnaissances), questionnement métacognitif, promotion du transfert, et aménagement des tâches (p. ex. taille des polices, utilisation de supports visuels) afin d'éviter une surcharge cognitive inutile. S'agissant d'illustrations, nous nous limiterons à résumer de façon sommaire les principaux résultats.

Étude de cas avec un participant non lecteur

Cette étude pilote (Saurer, 2019) a été menée avec un jeune homme de 20 ans (habiletés cognitives entre 4 et 8 ans d'âge mental), non lecteur, et ciblait la lecture-identification. L'intervention a compris quinze séances de 50 minutes. Trois stratégies (suivre avec le doigt, verbaliser, visualiser) ayant un impact sur les processus cognitifs et métacognitifs impliqués dans le décodage ont été enseignées de façon explicite. Les autres compétences métacognitives ont été entraînées indirectement au travers du questionnement métacognitif. Les tâches d'entraînement comprenaient des exercices de conscience phonologique, de décodage, et de lecture-compréhension. Les effets de l'intervention ont été mesurés d'une part avec des tests de lecture de syllabes, mots, et phrases et des tests d'aptitude (mnésique, attentionnel) administrés en pré- et posttest, et d'autre part à l'aide d'une grille d'observation (analyse micro-analytique d'enregistrements vidéo).

Les résultats mettent en évidence des améliorations sur différentes variables. En ce qui concerne les compétences métacognitives, les observations montrent des progrès importants entre le prétest et le posttest dans six des quatorze variables observées : la prise d'information (planification), le contrôle du décodage et de la compréhension, les stratégies *suivre avec le doigt* et *verbaliser*, ainsi que les métaconnaissances sur les stratégies. Des progrès plus modestes sont relevés dans sept variables : procéder par étapes (planification), évaluation de ses performances, les stratégies *ajuster la vitesse de lecture*, *chercher des indices*, *démarche systématique*, *visualiser*, ainsi que les métaconnaissances sur les tâches. Les métaconnaissances sur soi n'ont pas évolué entre le pré- et le posttest. Sur le plan motivationnel, l'apprenant a

développé une meilleure estime de soi et est devenu plus persévérant face à la difficulté. L'observation qualitative des processus cognitifs a montré une légère amélioration pour quatre des six variables (MdT, inhibition, flexibilité, attention sélective visuelle). Le traitement visuospatial (repérage dans la page et dans les phrases écrites) a par contre progressé de manière importante. L'attention soutenue est restée très variable, sensible à toute source de distraction. Quant aux tests d'aptitude, le participant a éprouvé des difficultés à comprendre et respecter les consignes, et ceux-ci ont été largement échoués aussi bien au pré- qu'au posttest, hormis le test d'attention visuelle sélective où le score est passé de 5/10 à 8/10. En ce qui concerne les performances en lecture-identification, le décodage correct de syllabes a augmenté de 42% à 50% entre le prétest et le posttest, et celui de mots de 39% à 57%.

Considérant le nombre d'heures d'enseignement très limité (13h), ces résultats sont très encourageants et illustrent le potentiel d'une approche métacognitive pour le développement des capacités en lecture-identification. Une intervention sur du plus long terme est bien sûr nécessaire, et devrait inclure un travail encore plus ciblé sur les fonctions exécutives. Le déficit d'inhibition était en effet le facteur qui entravait le plus l'application des stratégies et le décodage.

Étude de cas multiples avec quatre participants lecteurs-décodeurs

Dans ce deuxième exemple (Brandon, 2020) l'intervention ciblait la lecture-compréhension. Elle a été menée en individuel avec quatre adultes (27 à 51 ans) lecteurs-décodeurs, à raison d'une trentaine de séances de 60 minutes. Onze stratégies (générales et spécifiques) soutenant les processus cognitifs et métacognitifs impliqués dans la compréhension de texte ont été entraînées (p. ex. Marquer des pauses pendant la lecture, Verbaliser, Clarifier, Chercher des indices, Retour au texte). Les tâches d'entraînement comprenaient des textes descriptifs et narratifs portant sur différents thèmes du quotidien des apprenants. Des tâches neutres sans langage écrit (principalement des jeux) ont également été utilisées, afin de travailler le transfert des stratégies générales. Les effets de l'intervention ont été mesurés à l'aide de plusieurs tests de lecture comprenant des questions directes et inférentielles. Des analyses microanalytiques d'enregistrements vidéo ont été réalisées afin d'évaluer l'utilisation des stratégies.

Les résultats montrent que tous les participants ont progressé dans la fréquence d'utilisation des stratégies spécifiques entre le prétest et le posttest ($M_{\text{pré}} = 24.8$, é.-t. = 9.2 ; $M_{\text{post}} = 106.0$, é.-t. = 59.3). L'analyse de variance à mesures répétées est marginalement significative et la taille d'effet est grande ($F_{1,3} = 9.258$, $p = .056$, $\eta = .76$). On constate également une augmen-

tation dans la fréquence d'utilisation des stratégies générales, mais moindre. La différence en pré- et posttest ($M_{\text{pré}} = 25.0$, é.-t. = 15.8 ; $M_{\text{post}} = 41.5$, é.-t. = 41.0) n'est pas significative, néanmoins la taille d'effet est grande ($F_{1,3} = 1.317$, ns, $\eta = .31$). En parallèle, on observe une amélioration importante dans la compréhension de textes. La moyenne des réponses correctes augmente de 46% (é.-t. = 20.6) au prétest à 66% (é.-t. = 22.5) au posttest. L'analyse de variance à mesures répétées est significative et la taille d'effet est grande ($F_{1,3} = 11.707$, $p = .042$, $\eta = .80$). On peut noter que les progrès ont été beaucoup plus importants pour les questions directes que pour les questions inférentielles. Il est intéressant de relever que les temps de résolution des tâches ont nettement augmenté entre le prétest ($M = 7.30$ minutes) et le posttest ($M = 19.40$). Au vu des progrès constatés, il est possible d'attribuer ce temps supplémentaire à une application plus importante et plus efficace des stratégies. Finalement, suite à l'intervention, les quatre participants ont montré de meilleures métaconnaissances sur eux-mêmes et sur les stratégies, et trois d'entre eux percevaient une plus grande utilité d'adopter un comportement stratégique. Par contre, les habitudes de lecture au quotidien (fréquence, type de lecture) ont peu changé. Ces résultats mettent en évidence qu'un enseignement structuré et explicite de compétences métacognitives permet aux personnes adultes avec une DI d'accéder à une meilleure compréhension en lecture de textes. Ils pointent également la nécessité d'intégrer un travail sur le contexte de vie (privé, professionnel) des personnes, afin de leur donner accès à plus d'opportunités de lecture.

Conclusion

La remédiation des problèmes d'apprentissage et plus globalement du fonctionnement cognitif demeure une entreprise difficile. Notre approche globale et intégrative se veut une réponse au manque d'efficacité souvent constaté dans les méthodes traditionnelles d'enseignement ou les approches issues des sciences cognitives. Pour cela, nous abordons les problèmes d'apprentissage et leur remédiation selon une perspective cognitive, laquelle articule les habiletés cognitives, métacognitives et motivationnelles sous-jacentes à l'apprentissage et à la pensée. Nous portons une attention particulière à la question du transfert des compétences, l'objectif étant d'amener l'apprenant à remobiliser ses compétences dans les différents contextes de vie où il évolue. Notre approche centrée sur la métacognition est aussi un moyen d'y parvenir, tout comme la collaboration avec la famille et les autres professionnels. De précédentes études cliniques et en contexte naturel ont démontré les bénéfices de cette approche pour des apprenants présentant une DI ou d'autres troubles, tant du point de vue de l'amélioration des processus d'apprentissage que des performances, avec maintien des gains et transfert sur des tâches à contenu disciplinaire.

Les résultats des études de cas sur l'apprentissage de la lecture chez des adultes présentant une DI modérée à sévère sont tout à fait prometteurs et soulignent le potentiel de notre approche. Des recherches avec plus de participants et surtout une intervention plus intensive et se déroulant sur du plus long terme sont nécessaires. La stimulation du développement cognitif et l'apprentissage d'une capacité aussi complexe que la lecture chez les personnes avec DI ne peut se limiter à quelques heures d'entraînement. Du point de vue de la recherche, ce type d'intervention est couteux en ressources et en temps. Une autre difficulté réside dans la grande hétérogénéité des compétences inter- et intraindividuelle que l'on observe chez ces personnes, rendant épineux la création de groupes homogènes, et par là les comparaisons (Petitpierre & Martini-Willemin, 2014). Dans ce contexte, la question du passage de la recherche au terrain est cruciale. Il a été démontré (Dignath & Veenman, 2020 ; Spruce & Bol, 2015) que les enseignants et les éducateurs sont un vecteur essentiel dans le développement des compétences cognitives et métacognitives et que cela impacte directement les acquisitions chez leurs élèves. Développer chez les professionnels les connaissances théoriques, un style d'enseignement et d'éducation métacognitif, les outiller avec des techniques d'enseignement explicite et qui promeuvent le transfert, y compris auprès des apprenants avec des difficultés sévères, nous semble primordial.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baird, G. L., Scott, W. D., Dearing, E., & Hamill, S. K. (2009). Cognitive self-regulation in youth with and without learning disabilities : Academic self-efficacy, theories of intelligence, learning vs. performance goal preferences, and effort attributions. *Journal of Social and Clinical Psychology, 28*, 881–908.
- Bissonnette, S., Richard, M., Gauthier, C., & Bouchard, C. (2010). Quelles sont les stratégies d'enseignement efficaces favorisant les apprentissages fondamentaux auprès des élèves en difficulté de niveau élémentaire ? Résultats d'une méga-analyse. *Revue de recherche appliquée sur l'apprentissage, 3*, 1–35.
- Blair, C., & Razza, E. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development, 78*(2), 647–663.
- Boekaerts, M., & Corno, L. (2005). Self-regulation in the classroom : A perspective on assessment and intervention. *Applied Psychology : An International Review, 54*, 199–231.
- Bosson, M.S. (2010). Acquisition et transfert de stratégies chez des élèves en difficulté d'apprentissage. In M. G. P. Hessels & C. Hessels-Schlatter (Éds.) *Evaluation et intervention auprès d'élèves en difficultés* (pp. 145–158). Berne : Peter Lang.

- Bosson, M. S., Hessels, M. G. P., Hessels-Schlatter, C., Berger, J.-L., Kipfer, N. M., & Büchel, F. P. (2010). Strategy acquisition by children with general learning difficulties through metacognitive training. *Australian Journal of Learning Difficulties*, 15, 13–34.
- Brandimonte, M. A., Bruno, N., & Collina, S. (2006). Cognition. In P. Pawlik & G. d'Ydewalle (Éds.), *Psychological concepts : An international historical perspective* (pp. 11–26). Hove, UK : Psychology Press.
- Brandon, S. (2020). *Poursuivre ses apprentissages dans la compréhension en lecture lorsque l'on est un adulte avec une déficience intellectuelle : une approche issue des pratiques de l'intervention métacognitive et centrée sur l'apprentissage des stratégies*. Thèse de doctorat non-publiée, Université de Genève.
- Brown, A. L. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation and other more mysterious mechanisms. In F. E. Weinert & R. H. Kluwe (Éds.), *Metacognition, motivation and understanding* (pp. 65–116). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Bryce, D., Whitebread, D., & Szűcs, D. (2015). The relationships among executive functions, metacognitive skills and educational achievement in 5 and 7 year-old children. *Metacognition and Learning*, 10, 181–198.
- Cain, K., & Oakhill, J. (2009). Reading comprehension development from 8 to 14 years : The contribution of component skills and processes. In R. K. Wagner, C. Schatschneider & C. Phythian-Sence (Éds.), *Beyond decoding : The behavioral and biological foundations of reading comprehension* (pp. 143–175). New York : Guilford Press.
- Campione, J. C., & Brown, A. L. (1984). Learning ability and transfer propensity as sources of individual differences in intelligence. In P. H. Brooks, R. Sperber & C. McCauley (Éds.), *Learning and cognition in the mentally retarded* (pp. 265–293). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Cleary, T. J., Callan, G. L., & Zimmerman, B. J. (2012). Assessing self-regulation as a cyclical, context-specific phenomenon : Overview and analysis of SRL microanalytic protocols. *Education Research International*, 2012, 1–19.
- Deforge, H. (2011). Prise en charge des troubles attentionnels et exécutifs chez l'enfant. La remédiation cognitive : pratiques et perspectives. *Développements*, 8(2), 5–20.
- Dignath, C., Büttner, G., & Langfeldt, H.-P. (2008). How can primary school students learn self-regulated learning strategies most effectively ? A meta-analysis of self-regulation training programmes. *Educational Research Review*, 3, 101–129.
- Dignath, C., & Veenman, M. V. J. (2020). The role of direct strategy instruction and indirect activation of self-regulated learning. Evidence from classroom observation studies. *Educational Psychology Review*, 33, 489–533. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09534-0>
- Eme, E., Puustinen, M., & Coutelet, B. (2006). Individual and developmental differences in reading monitoring : When and how do children evaluate their comprehension ? *European Journal of Psychology of Education*, 21(1), 91–115.

- Eme, E., & Rouet, J.-F. (2001). Les connaissances métacognitives en lecture-compréhension chez l'enfant et l'adulte. *Enfance*, 53, 309–328.
- Feuerstein, R., Rand, Y., Hoffman, M., & Miller, R. (1980). *Instrumental Enrichment : An intervention program for cognitive modifiability*. Baltimore : University Park Press.
- Haberkorn, K., Lockl, K., Pohl, S., Ebert, S., & Weinert, S. (2014). Metacognitive knowledge in children at early elementary school. *Metacognition and Learning*, 9, 239–263.
- Händel, M., Lockl, K., Heydrich, J., Weinert, S., & Artelt, C. (2014). Assessment of metacognitive knowledge in students with special educational needs. *Metacognition and Learning*, 9, 333–352.
- Hessels, M. G. P., & Hessels-Schlatter, C. (2013). Current views on cognitive education : A critical discussion and future perspectives. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 12(1), 108–124.
- Hessels, M. G. P., Hessels-Schlatter, C., Bosson, M., & Balli, Y. (2009). Metacognitive teaching in a special education class. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 8(2), 182–201.
- Hessels-Schlatter, C. (2010a). Les jeux comme outils d'intervention métacognitive. Dans M. G. P. Hessels & C. Hessels-Schlatter (Éds.) *Evaluation et intervention auprès d'élèves en difficultés* (pp. 99–128). Berne : Peter Lang.
- Hessels-Schlatter, C. (2010b). Development of a theoretical framework and practical application of games in fostering cognitive and metacognitive skills. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 9, 116–138.
- Hessels-Schlatter, C., Hessels, M. G. P., Godin, H., & Spillmann-Rojas, H. (2017). Fostering self-regulated learning : From clinical to whole class interventions. *Educational and Child Psychology*, 34(1), 110–125.
- Higgins, S., Hall, E., Baumfield, V., & Moseley, D. (2005). *A meta-analysis of the impact of the implementation of thinking skills approaches on pupils*. Londres : EPPI-Centre, Social Science Research Unit, Institute of Education, University of London.
- Inserm (Institut national de la santé et de la recherche médicale) (2016). *Déficiences intellectuelles*. Montrouge : EDP Sciences.
- Kendeou, P., van den Broek, P., Helder, A., & Karlsson, J. (2014). A cognitive view of reading comprehension : Implications for reading difficulties. *Learning Disabilities Research & Practice*, 29(1), 10–16.
- Kistner, S., Rakoczy, K., Otto, B., Dignath-van Ewijk, C., Büttner, G., & Klieme, E. (2010). Promotion of self-regulated learning in classrooms : Investigating frequency, quality, and consequences for student performance. *Metacognition and Learning*, 5, 157–171.
- Klingberg, T., Fernell, E., Olesen, P. J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlström, K., ...Westerberg, H. (2005). Computerized training of working memory in children with ADHD. A randomized, controlled trial. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 44(2), 177–186.

- Lichtinger, E., & Kaplan, A. (2015). Employing a case study approach to capture motivation and self-regulation of young students with learning disabilities in authentic educational contexts. *Metacognition and Learning, 10*, 119–149.
- Lubin, A., Regrin, E., Boulc'h, L., Pacton, S., & Lanoë, C. (2016). Executive functions differentially contribute to fourth graders' mathematics, reading, and spelling skills. *Journal of Cognitive Education and Psychology, 15*(3), 444–463.
- Ludwig, P. H., Finkbeiner, C., & Knierim, M. (2013). Effects of the adequacy of learning strategies in self-regulated learning settings : A video-based microanalytical lab study. *Journal of Cognitive Education and Psychology, 12*, 374–390.
- Montague, M. (2003). *Solve it ! A practical approach to teaching mathematical problem solving skills*. Reston, VA : Exceptional Innovations.
- Nader-Grosbois, N. (2014). Self-perception, self-regulation and metacognition in adolescents with intellectual disability. *Research in Developmental Disabilities, 35*, 1334–1348.
- Petitpierre, G., & Martini-Willemin, B. M. (Éds.) (2014). *Méthodes de recherche dans le champ de la déficience intellectuelle*. Berne : Peter Lang.
- Pintrich, P. R. (2002). The role of metacognitive knowledge in learning, teaching, and assessing. *Theory into Practice, 41*, 219–225.
- Poloczek, S., Büttner, G., & Hasselhorn, M. (2012). Relationships between working memory and academic skills : Are there differences between children with intellectual disabilities and typically developing children ? *Journal of Cognitive Education and Psychology, 11*(1), 20–38.
- Saurer, M. (2019). *Effets d'une intervention métacognitive en lecture auprès d'un jeune adulte avec une déficience intellectuelle*. Mémoire de maîtrise non publié, Université de Genève.
- Shallice, T., Marzocchi, G. M., Coser, S., Del Savio, M., Meuter, R. F., & Rumati, R. I. (2002). Executive function profile of children with attention deficit hyperactivity disorder. *Developmental Neuropsychology, 21*(1), 43–71.
- Spörer, N., Brunstein, J. C., & Kieschke, U. (2009). Improving students' reading comprehension skills : Effects of strategy instruction and reciprocal teaching. *Learning and Instruction, 19*(3), 272–286.
- Spruce, R., & Bol, L. (2015). Teacher beliefs, knowledge, and practice of self-regulated learning. *Metacognition and Learning, 10*, 245–277.
- Van der Donk, M. L. A., Van Viersen, S., Hiemstra-Beernink, A.-C., Tjeenk-Kalff, A. C., Van der Leij, A., & Lindauer, R. J. L. (2017). Individual differences in training gains and transfer measures : An investigation of training curves in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Applied Cognitive Psychology, 31*(3), 302–314.
- Veenman, M. V. J., & Spaans, M. (2005). Relation between intellectual and metacognitive skills : Age and task differences. *Learning and Individual Differences, 15*, 159–176.

- Weinstein, C. E., Husman, J., & Dierking, D. R. (2000). Self-regulation interventions with a focus on learning strategies. In P. R. Pintrich & M. Boekaerts (Éds.), *Handbook on self-regulation* (pp. 727–747). New York : Academic Press.
- Zimmerman, B. J. (2011). Motivational sources and outcomes of self-regulated learning. In B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Éds.), *Handbook of self-regulation of learning and performance* (pp. 49–64). New York : Routledge.
- Zimmerman, B. J., & Schunk, D. H. (2011). Self-regulated learning : An introduction and an overview. In B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Éds.), *Handbook of self-regulation of learning and performance* (pp. 1–12). New York : Routledge.

Notices biographiques

Christine Hessels-Schlatter est titulaire d'un doctorat en sciences de l'éducation de l'Université de Genève. Elle est actuellement chargée d'enseignement à la Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation de l'Université de Genève dans le domaine de l'éducation spéciale (équipe de recherche MEDASI). Elle est par ailleurs responsable de l'Atelier d'Apprentissage, une consultation de la faculté spécialisée dans la remédiation des problèmes d'apprentissage. Ses recherches portent sur le développement et la rééducation des processus de pensée et d'apprentissage des apprenants à besoins éducatifs particuliers.

COURRIEL : CHRISTINE.HESSELS@UNIGE.CH

Marco Hessels est titulaire d'un doctorat en sciences de l'éducation de l'Université d'Utrecht aux Pays-Bas. Après avoir travaillé à l'Université Erasmus de Rotterdam, il occupe actuellement un poste de professeur ordinaire à l'Université de Genève dans le domaine de la pédagogie spécialisée, et dirige l'équipe de recherche MEDASI. Il est également professeur extraordinaire à l'Optentia Research Focus Area (North-West University, Afrique du Sud). Ses recherches se focalisent sur l'évaluation dynamique de l'intelligence avec les tests d'apprentissage, les compétences socioadaptatives et la participation sociale des personnes présentant une déficience intellectuelle.

COURRIEL : MARCO.HESSELS@UNIGE.CH

Sophie Brandon est titulaire d'une maîtrise en éducation spéciale et d'un doctorat en sciences de l'éducation de l'Université de Genève. Elle a rejoint l'équipe de recherche MEDASI dans laquelle elle occupe les postes de chargée d'enseignement et de collaboratrice scientifique. Elle s'intéresse particulièrement aux interventions (méta)cognitives auprès d'adolescents et d'adultes avec ou sans déficience intellectuelle, et des soutiens apportés en littératie au niveau institutionnel.

COURRIEL : SOPHIE.BRANDON@UNIGE.CH

