

Comprendre le rôle bénéfique de l'usage du corps dans l'apprentissage de la lecture à la lumière de la théorie de la cognition incarnée

F. BARA¹, C. RIVIER, É. GENTAZ²

RÉSUMÉ : Comprendre le rôle bénéfique de l'usage du corps dans l'apprentissage de la lecture à la lumière de la théorie de la cognition incarnée

La théorie de la cognition incarnée met au centre des processus d'apprentissage l'interaction entre le corps, le cerveau et l'environnement. Si l'utilisation du corps à l'école est souvent limitée aux activités physiques et sportives ou à celles de graphisme et d'écriture, l'activité motrice peut cependant venir soutenir d'autres apprentissages. Un nombre croissant d'études comportementales et en neuro-imagerie montre par exemple que le mouvement (et notamment la perception haptique manuelle) peut faciliter l'apprentissage de la lecture.

Mots clés : Cognition incarnée – Apprentissage – Lecture – Perception haptique.

SUMMARY: Understanding how the use of the body plays a beneficial role in learning to read in light of the theory of embodied cognition

The embodied cognition theory puts the interaction between the body, the brain and the environment at the centre of learning processes. While the use of the body at school is often limited to physical activities or writing, it can also support other acquisitions. A growing number of behavioural and neuroimaging studies shows that movement (including manual haptic perception) can facilitate learning to read-handwriting.

Key words: Embodied cognition – Learning – Reading – Haptic perception.

RESUMEN: Comprender la función beneficiosa que desempeña el uso del cuerpo en aprender a leer a la luz de la teoría de la cognición encarnada

La teoría de la cognición encarnada incorpora como elemento central de los procesos de aprendizaje la interacción entre el cuerpo, el cerebro y el medio ambiente. Si el uso del cuerpo en la escuela suele limitarse a actividades físicas y deportivas o a actividades gráficas y de escritura, la actividad motriz puede tener un efecto favorable en otros procesos de aprendizaje. Un número creciente de estudios sobre el comportamiento y la neuroimagen muestran, por ejemplo, que el movimiento (y especialmente la percepción háptica de la mano) puede facilitar el aprendizaje de la lectura.

Palabras clave: Cognición encarnada - Aprendizaje – Lectura – Percepción háptica.

1. Dr, maître de conférences, habilitée à diriger des recherches, Laboratoire CLLE-LTC, INSPE Occitanie-Pyrénées, Université Toulouse-Jean-Jaurès.

2. Professeur, Université de Genève, Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation, Université de Genève, UNI MAIL, 40, Boulevard du Pont-d'Arve, 1211 Genève 4, Suisse.

Auteur de correspondance : Florence Bara, CLLE-LTC, Maison de la recherche, Université de Toulouse Jean-Jaurès, 5, allée Antonio-Machado, 31100 Toulouse, France.
Email : florence.bara@univ-tlse2.fr

Conflicts d'intérêts : les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt.

Pour citer cet article : Bara, F., Rivier, C. & Gentaz, É. (2020). Comprendre le rôle bénéfique de l'usage du corps dans l'apprentissage de la lecture à la lumière de la théorie de la cognition incarnée. A.N.A.E., 168, 553-563.

Introduction

La plupart des apprentissages scolaires prévoit la mobilisation des modalités sensorielles visuelle et auditive des enfants, l'utilisation du corps à l'école étant souvent limitée aux activités physiques et sportives. D'ailleurs, de nombreuses recherches relèvent les bienfaits de ces dernières sur le développement des fonctions cognitives (pour une revue, cf. Valkenborghs et al., 2019). Cependant, plusieurs études ont confirmé ou révélé le rôle du corps dans certains apprentissages, notamment dans le champ du développement et de la compréhension du langage. Leurs résultats montrent que les gestes favoriseraient l'apprentissage et la mémorisation du vocabulaire (Badinlou, Kormi-Nouri & Knopf, 2018 ; Mavilidi et al., 2015 ; Mecklenbräuker Steffens, Jelenec & Goergens, 2011 ; Nooijer et al., 2013), que la manipulation faciliterait les processus de compréhension (Glenberg et al., 2004 ; Glenberg, Brown & Levin, 2007), ou que le geste d'écriture permettrait de mieux retenir la forme des lettres (Kiefer et al., 2015 ; Longcamp, Zerbato-Poudou & Velay, 2005). Par ailleurs, la méthode Borel-Maisonny qui associe phonétique et gestuelle fait partie des pratiques fréquemment observées dans les classes de CP pour soutenir l'apprentissage de la lecture (Silvestre de Sacy, Comte & Cavalier, 2018). Cette approche, bien qu'ancienne et répandue, n'a toutefois pas fait l'objet d'une évaluation publiée dans une revue scientifique.

L'ensemble des recherches de ce champ vient nourrir un courant théorique qui permet de mieux comprendre l'intérêt de l'utilisation du corps dans les apprentissages : la cognition incarnée. Selon cette approche théorique, comprendre la cognition n'est possible qu'en considérant l'individu comme un organisme produisant des actions et interagissant avec un environnement physique (cf. Versace, Brouillet & Vallet, 2018). Un nombre important de recherches comportementales et de neuro-imagerie montrent que les systèmes cognitif et sensorimoteur sont intimement liés et que l'interaction entre le corps et l'environnement favorise les apprentissages dans différents domaines tels que le langage, la lecture, le nombre, la géométrie et la résolution de problèmes (Gimbert, Gentaz & Mazens, 2019 ; Kiefer & Trumpp, 2012 ; Pecher & Zwaan, 2005 ; Pinet & Gentaz, 2008 ; Pouw, van Gog & Paas, 2014 ; Pulvermüller, 2005). En mathématiques, le comptage sur les doigts facilite l'apprentissage des nombres chez les jeunes enfants (Jordan et al., 2008), l'interaction langage-geste contribue à la construction du raisonnement (Pier et al., 2019) et l'exploration haptique de figures géométriques favorise leur reconnaissance (Kalenine, Pinet &

Gentaz, 2011). Ces avancés sur les recherches autour de la théorie de la cognition incarnée ont relancé les propositions anciennes de certains pédagogues ou psychologues sur l'utilisation du corps pour apprendre (par exemple, Montessori, 1958 ; Piaget & Inhelder, 1948).

Cet article a pour objectif de montrer l'intérêt d'impliquer le corps et plus particulièrement l'exploration haptique manuelle dans l'apprentissage de la lecture. Pour y parvenir, des aspects théoriques seront développés et mettront en lien différentes théories de la psychologie qui s'intéressent à la cognition incarnée, ainsi qu'aux processus perceptifs, moteurs et mémoriels. Des études empiriques montrant le lien entre la reconnaissance visuelle des lettres en lecture et le geste moteur d'écriture seront ensuite présentées.

La cognition incarnée et ses liens avec d'autres théories de la perception

L'idée générale défendue dans les approches incarnées (*embodied cognition*, Wilson, 2002) ou *grounded cognition* (Barsalou, 2008) est que la cognition se construirait à partir des interactions sensori-motrices avec l'environnement, celles-ci constituant la structure même de la pensée. La cognition serait donc située puisque dépendante de l'environnement et des situations dans lesquelles elle émerge (Versace, Brouillet & Vallet, 2018). Cette approche découle d'une perspective évolutive dans laquelle le fonctionnement cognitif est fondé sur des processus moteurs, sensoriels et émotionnels, qui sont en lien avec la morphologie du corps. La forme du corps, de l'humain ou de l'animal, va en effet permettre ou faciliter certaines interactions avec l'environnement et en empêcher d'autres. Varela, Thompson et Rosch (1993) proposent le concept d'énaction et l'idée d'un couplage structurel entre le milieu et l'individu qui se déterminent l'un l'autre. Ils soutiennent que le monde que nous percevons n'est pas une donnée objective mais dépend de l'histoire de ce couplage. Gallagher (2005), en s'appuyant sur la notion de schéma corporel, met en avant l'existence de processus cognitifs qui seraient produits et structurés d'emblée par des mécanismes corporels inaccessibles à la conscience. Ce système sensori-moteur serait inné, fonctionnerait sans nécessité d'un contrôle conscient et se mettrait en place dès que le fœtus peut produire des mouvements.

La théorie de la cognition incarnée s'appuie sur plusieurs postulats : la cognition repose sur les fonctions physiologiques du corps et sur les mécanismes neurologiques du cerveau ; l'environnement détermine les

perceptions et les actions ; la posture et le corps influencent nos perceptions et nos états mentaux (Gallagher, 2005). Ainsi, les connaissances se construisent à partir des interactions directes avec l'environnement et des expériences sensori-motrices acquises précédemment. L'apprentissage est donc à la fois nourri et contraint par les interactions entre le corps et l'environnement. Cette vision s'oppose aux perspectives computationnelles de la cognition, qui supposent que les connaissances résultent de la construction d'un ensemble de représentations amodales (abstraites et indépendantes des sens) et de règles symboliques, décontextualisées des informations sensori-motrices et environnementales (Fodor, 1983).

Dans son approche écologique de la psychologie, Gibson (1979) mettait déjà en avant l'importance de l'environnement sur la perception. La notion d'affordance, centrale dans son approche, renvoie à un potentiel d'interaction concernant les propriétés de l'environnement sur lequel l'individu peut agir (pour une présentation détaillée de ce concept, cf. Luyat & Regia-Corte, 2009). Ces affordances dépendent des caractéristiques de l'objet ainsi que des caractéristiques corporelles de celui qui le perçoit. Ainsi, lorsqu'un individu voit une tasse, l'anse appelle un mouvement de saisie par la main. Lorsqu'il voit une chaise, il peut activer l'action de s'asseoir dessus mais sa taille d'adulte ne lui permet pas vraiment d'activer l'action de se cacher en dessous. Au contraire, pour un enfant, la vue d'une chaise peut faire émerger ce type d'affordance, sa taille lui permettant de se positionner dessous. Les affordances seront donc différentes pour un adulte, un enfant, ou un animal.

La théorie motrice de la perception propose que nous simulons mentalement l'action et les mouvements même lorsque nous percevons simplement visuellement (cf. Bidet-Ildei, Orliaguet & Coello, 2011). Une même représentation motrice serait utilisée à la fois pour percevoir et exécuter une action identique (Jeannerod, 1994 ; Rizzolatti, 2005). Le concept de résonance motrice (cf. Viviani, 2002) qui fait référence à la mise en œuvre du système moteur lors de la perception d'un objet illustre bien les affordances (Bub & Masson, 2012 ; Tucker & Ellis, 1998). Plusieurs recherches montrent en effet que les aires motrices cérébrales sont activées quand les individus regardent quelqu'un d'autre réaliser une action, ainsi que lorsque qu'ils regardent des images d'objets manipulables alors qu'aucun mouvement de leur part n'est requis (Chao & Martin, 2000 ; Grèze & Decety, 2002). La perception des caractéristiques d'un mouvement dépend du niveau de développement moteur de l'individu et de son expérience

motrice. Ainsi, quand un mouvement perçu fait partie de notre propre répertoire moteur, l'aptitude à le reconnaître, à l'anticiper ou à prévoir sa finalité est facilitée (Knoblich & Flach, 2001) et l'activation cérébrale est amplifiée (Calvo-Merino et al., 2006). La perception des mouvements humains est particulièrement rapide, que ce soit chez l'enfant ou l'adulte, qui font preuve d'une sensibilité importante au respect des règles de production motrice lors de l'analyse des mouvements. Cette sensibilité se retrouve dès le plus jeune âge, les nourrissons ayant également tendance à préférer visuellement les actions qui respectent les contraintes cinématiques des mouvements biologiques (Bidet-Ildei, Méary & Orliaguet, 2006). La capacité d'un individu à reconnaître un mouvement humain implique à la fois des réseaux qui traitent les informations visuelles mais également des réseaux de traitement des informations motrices, en étroite connexion avec le répertoire sensori-moteur de l'individu.

La théorie de la contingence sensori-motrice (Noë, 2004) suppose que les différentes modalités sensorielles (audition, vision, toucher, odorat) interagissent les unes avec les autres lorsque l'individu explore le monde qui l'entoure, créant ainsi des contingences sensorielles (les informations sensorielles sont associées dans l'espace et dans le temps lors de la manipulation active des objets). Au fur et à mesure qu'ils rencontrent des objets qu'ils peuvent atteindre, les jeunes enfants apprennent à associer les différents éléments qui caractérisent un objet (forme, couleur, texture, poids) avec les mouvements qui permettent d'agir sur lui, de façon à construire une représentation cohérente et unifiée de cet objet. La coordination entre la vue et le toucher leur permet de commencer cet apprentissage dès les premiers mois de vie (Streri & Gentaz, 2004). Le support de cette représentation serait un réseau neuronal plurimodal. Une fois ce réseau structuré, une seule des entrées participant à sa mise en place (par exemple la vue d'un objet) suffirait à réactiver la totalité du réseau ainsi construit (le bruit de cet objet et l'action que l'individu peut effectuer avec) (Ishai et al., 2000). La sollicitation ultérieure de ce réseau en proposant différentes entrées complémentaires pour un apprentissage pourrait être de ce fait une piste intéressante pour faciliter certains apprentissages scolaires.

Ces différentes théories de la perception mettent en avant les interactions entre les sens et l'influence des composantes motrices et perceptives qui sont constamment en interaction pour nous permettre de comprendre le monde qui nous entoure. L'environnement a ainsi une place d'autant plus importante

qu'il impose des contraintes sur la perception. La cognition serait donc le résultat de trois éléments en interaction, le cerveau, le corps et l'environnement. Ces théories nous paraissent particulièrement intéressantes pour comprendre le fonctionnement cognitif de l'enfant lors d'apprentissages scolaires. Ainsi il nous paraît impossible de considérer l'apprentissage comme un mécanisme qui ne dépendrait ni des possibilités motrices de l'enfant, ni de ses possibilités d'interagir avec l'environnement qui l'entoure. La prise en compte de ces deux contraintes pourrait permettre à l'enseignant de faciliter les apprentissages en proposant un environnement favorisant les interactions sensori-motrices.

La cognition incarnée et ses liens avec d'autres théories de la mémorisation et de la construction des représentations et des concepts

Alors que les modèles structuraux de la mémoire (Tulving, 1995) postulent l'existence de différents systèmes mémoriels et défendent l'idée d'une nature amodale des connaissances conceptuelles (les connaissances en mémoire sémantique sont détachées de l'expérience vécue), les approches incarnées de la cognition envisagent la mémoire comme un système dans lequel l'accès aux connaissances implique la simulation des états sensoriels et moteurs similaires à ceux vécus lors des expériences passées. Dans le modèle proposé par Versace et al. (2014), les traces en mémoire reflètent les propriétés captées par nos récepteurs sensoriels, les actions effectuées dans l'environnement ainsi que les états émotionnels et motivationnels de l'individu. Les traces mnésiques sont épisodiques, multisensorielles et spatialement distribuées dans le cerveau. Chaque exposition à une situation conduit à la création de traces en mémoire correspondant à des patterns d'activation sensori-moteurs. Les connaissances vont alors résulter de l'interaction entre la situation présente et les expériences antérieures, par l'activation des traces correspondantes en mémoire. Les connaissances sémantiques et les souvenirs épisodiques ne sont alors plus dissociés en termes de systèmes mnésiques distincts mais correspondent à des quantités différentes de traces activées en mémoire. Les connaissances correspondent à des états du système mnésique qui peuvent soit être similaires aux états précédents (connaissances épisodiques) soit être le résultat d'un grand nombre d'états (connaissances sémantiques). Face à une situation, l'individu va réactiver des traces d'expériences passées similaires. Par exemple voir l'image d'une tasse active toutes les traces mnésiques qui correspondent aux

situations où l'individu a été confronté à un stimulus visuel similaire. En parallèle s'effectue la réactivation de composants sensoriels et moteurs qui ne sont pas obligatoirement présents dans la situation actuelle mais qui sont associés dans la trace mnésique. Par exemple la vue de la tasse va réactiver le geste pour la saisir et ainsi peut-être que l'odeur du café et le bruit de la cuillère. Ces activations multimodales deviennent graduellement intégrées et permettent un accès à des connaissances de plus en plus élaborées. Ce fonctionnement des processus de mémorisation explique bien pourquoi un événement vécu à la fois visuellement et corporellement (par une action sur l'environnement) serait mieux retenu.

Les questions de la nature des représentations et de l'émergence de l'abstraction sont au cœur du débat entre les théories cognitivistes classiques et la théorie de la cognition incarnée. Le présupposé d'une pensée conceptuelle indépendante de l'action est remis en cause dans tous les modèles incarnés de la cognition (pour une discussion, voir Glenberg, 2017). Dans les théories computationnelles, les informations sensorielles sont transformées en représentations mentales abstraites qui vont guider le comportement. Dans les approches incarnées, les unités d'entrée (les informations sensorielles) sont supposées être de même nature que les représentations. En d'autres termes, les percepts et les concepts seraient de même nature. Lors de traitement conceptuels (comme par exemple dans une tâche de catégorisation), des simulations multimodales auraient lieu (Vallet, Brunel & Versace, 2010). Par exemple pour décider si une cloche est un objet, les individus simuleraient la représentation visuelle de la cloche mais également le bruit de son tintement. Cette simulation multimodale correspondrait au concept.

La théorie de la cognition incarnée suppose que toute connaissance, y compris conceptuelle, implique des dimensions sensori-motrices. Par exemple, les informations liées à la quantité ou au temps seraient représentées par rapport au corps sur un axe devant-drière ou droite-gauche (Sells & Kaschak, 2011, 2012). Ces approches soutiennent l'idée que les concepts sont compris à partir de références à une expérience sensori-motrice plus concrète. Pour les théories computationnelles de la cognition, la majorité des apprentissages implique la nécessité de passer de représentations concrètes à des représentations symboliques abstraites. Si plusieurs recherches ont mesuré cet ancrage corporel de connaissances conceptuelles chez l'adulte, il est à souligner que très peu ont évalué les bénéfices de l'action pour l'apprentissage des concepts chez l'enfant en contexte scolaire.

L'exemple de l'apprentissage de la lecture-écriture

Apprendre à lire et à écrire nécessite de faire des associations multimodales entre la perception visuelle de la forme de la lettre, la perception auditive du son et l'exécution motrice lors de son écriture. De ce fait, cet apprentissage permet d'illustrer de manière intéressante les apports de la théorie de la cognition incarnée.

On distingue classiquement, dans l'apprentissage de la lecture, les processus de bas niveau (identification des lettres, décodage) et les processus de haut niveau (compréhension du langage). Ces deux types de processus interagissent pour permettre au lecteur d'accéder au sens de ce qu'il lit (Kendeou, Papadopoulou & Spanoudis, 2012). Au début de l'apprentissage, les capacités de décodage expliquent la plus grande partie de la variabilité des performances en compréhension écrite (Gentaz et al., 2013). Plusieurs compétences doivent être développées afin de préparer et de faciliter l'apprentissage de la lecture. Parmi elles, la connaissance des lettres et les capacités de segmentation et de discrimination phonémiques constituent les meilleurs prédicteurs de la réussite future en lecture (Piquard-Kipffer & Sprenger-Charolles, 2013). Les formes de chaque lettre (scripte, cursive, majuscule et minuscule) devront à la fois être reconnues visuellement et pour certaines d'entre elles tracées lors de l'écriture.

L'apprentissage simultané de la lecture et de l'écriture expliquerait que les lettres sont représentées au sein de notre cerveau, non seulement par leurs composantes visuelle ou sonore, mais également sous leur forme sensori-motrice (James & Gauthier, 2006). Longcamp et al. (2003) ont observé que la présentation visuelle de lettres isolées (mais pas celle de pseudo-lettres, non apprises) provoquait l'activation d'une zone située dans le cortex prémoteur gauche, alors qu'aucune réponse motrice n'était requise. Les individus pourraient s'appuyer sur ce réseau plurimodal à la fois pour apprendre les lettres et les stocker en mémoire, ainsi que pour les retrouver. La forme des lettres est en lien direct avec les mouvements nécessaires pour la produire, puisque l'écriture impose en plus d'un tracé spécifique une certaine séquentialité des traits. Ainsi, la séquence de traits apprise lors de l'écriture manuscrite serait une référence pour la perception et la reconnaissance visuelle des lettres et des idéogrammes (Flores d'Arcais, 1994 ; Kato et al., 1999 ; Parkinson, Dyson & Khurana, 2010). Soulignons toutefois qu'en France, les élèves apprennent à lire sur des supports imprimés totalement ou en partie en écriture scripte alors que

l'apprentissage des tracés de lettres se fait en écriture cursive.

L'importance de l'apprentissage des lettres manuscrites et de leur séquence de traits a été confirmée par plusieurs études chez l'enfant (Longcamp, Zerbato-Poudou & Velay, 2005 ; Kiefer et al., 2015) et l'adulte (Longcamp et al., 2006, 2008). Par exemple, Longcamp, Zerbato-Poudou et Velay (2005) ont entraîné deux groupes d'enfants de 3 à 5 ans à écrire les lettres de l'alphabet en majuscules d'imprimerie, soit en les traçant avec un crayon, soit en les tapant sur un clavier. Alors que pour écrire au clavier le geste moteur de pointage est le même pour chacune des lettres, pour l'écriture manuscrite, l'ordre des traits et la forme du tracé est spécifique à chaque lettre. Les résultats montrent que les enfants reconnaissent plus de lettres visuellement quand ils les ont apprises en les écrivant plutôt qu'en les tapant. Cet apprentissage leur permet de faire moins d'erreurs de reconnaissance visuelle pour les lettres présentées en miroir. Cet effet du geste serait particulièrement intéressant pour la perception et la mémorisation de l'orientation (Longcamp et al., 2006).

Les connexions entre représentations visuelle et motrice des lettres se renforceraient au cours du processus d'apprentissage de la lecture et de l'écriture, ce qui aurait pour conséquence le recrutement des mêmes circuits neuronaux pour percevoir les lettres et pour les tracer. Une fois les lettres apprises, une des entrées sensorielle (e.g. entrée visuelle lors de la lecture) réactiverait le réseau complet (e.g. son de la lettre et geste moteur pour l'écrire). C'est uniquement l'apprentissage de l'écriture manuscrite (et pas l'apprentissage au clavier) qui permettrait la création de ce réseau spécialisé dans le traitement des lettres (James & Atwood, 2009). Ce réseau neuronal augmente en effet sa réponse aux stimuli uniquement après expérience d'un certain couplage entre l'action spécifique pour produire la forme et sa perception. Il se construirait et se spécialiserait donc pendant l'enfance et serait la conséquence d'une pratique d'écriture à l'école (James & Engelhardt, 2012). Cette importance de l'écriture manuscrite dans le processus d'apprentissage des lettres et plus largement d'accès à la lecture, démontrée dans plusieurs études récentes, peut venir nourrir le débat actuel (très vif dans certains pays comme la Suède, la Finlande ou les États-Unis) sur l'intérêt de l'apprentissage de l'écriture manuscrite à l'école dans un environnement de plus en plus numérique.

Si le corps intervient au niveau des processus de bas niveau en lecture et facilite la mémorisation des lettres, il pourrait également intervenir à un niveau plus abstrait pour la

construction et l'accès aux concepts lors de la compréhension écrite.

La compréhension en lecture dépend de l'intégration et de l'exécution de nombreux processus cognitifs. Le lecteur doit procéder à une analyse visuelle des lettres et des mots, accéder à leurs représentations phonologique, orthographique et sémantique, connecter ces représentations les unes avec les autres pour comprendre la phrase et faire le lien entre les phrases et les idées du texte pour en construire une représentation mentale cohérente. Cette représentation mentale du texte inclut à la fois l'information contenue dans le texte et des connaissances spécifiques déjà mémorisées par le lecteur et connectées sémantiquement, qu'il intègre à travers des processus inférentiels (Kendeou *et al.*, 2014).

Les approches incarnées supposent que la compréhension du langage oral et écrit et la construction de la signification sont enracinées dans nos perceptions et nos actions (Glenberg, 2008 ; Glenberg & Gallese, 2012 ; Glenberg & Kaschak, 2002). Ainsi, la compréhension d'un énoncé consisterait à simuler les actions et les objets décrits. À partir de trois processus : l'indexation, la dérivation d'affordances et le tissage, le lecteur transformerait les mots et phrases en une signification intégrée, incarnée, fondée sur l'action. L'indexation permet d'apparier les mots aux objets qui leur correspondent. La dérivation d'affordances est issue des expériences perceptives et motrices que les individus ont vécues en lien avec les objets et va donc activer des représentations différentes en fonction des individus. Le tissage permet de combiner les affordances à partir de l'analyse des énoncés. L'intérêt de l'utilisation de la manipulation d'objets dans la compréhension du langage écrit a été mis en évidence dans les études de Glenberg *et al.* (2004). Dans le groupe expérimental, des enfants de 1^{re} et 2^e année de primaire ont manipulé des objets réels pour simuler le contenu de textes lus, alors que ceux d'un groupe contrôle ont lu et relu le texte. Les textes proposés étaient des textes courts, composés de cinq phrases. Les enfants avaient à leur disposition des petits objets miniatures permettant de mettre en scène l'action décrite dans la phrase. Par exemple lors de la lecture d'une courte histoire à propos de la ferme, les enfants avaient à leur disposition une grange, plusieurs animaux, un tracteur, un enclos et du foin. Après la lecture de chaque phrase, les enfants reproduisaient la scène ou l'action décrite à l'aide des objets. Les résultats ont montré que les enfants de la condition expérimentale ont rappelé plus d'actions dans une phase de rappel libre de l'histoire et ont obtenu de meilleures performances pour des questions portant sur les inférences.

Apports de l'exploration haptique manuelle dans l'apprentissage de la lecture

L'apprentissage de la lecture se base sur un réseau multimodal qui se développe lors de l'apprentissage simultané du geste et de la reconnaissance de la forme des lettres. Les interactions entre les différents canaux d'apprentissage favorisent la mémorisation et le rappel des informations apprises. Depuis une vingtaine d'années, nous évaluons les effets de l'utilisation du corps dans l'apprentissage de la lecture. Ces recherches, menées en contexte écologique, auprès d'élèves de grande section de maternelle, comparent différentes conditions d'apprentissage et nous ont permis de montrer l'efficacité de l'ajout de l'exploration haptique dans un entraînement à l'apprentissage des lettres. Le recours à la modalité haptique fournirait un moyen de favoriser la connexion entre la forme visuelle et la forme auditive des lettres.

Le sens du toucher correspond à un système de récepteurs sensoriels cutanés qui vont donner des informations lorsque la peau entre en contact avec les objets de manière passive ou active. La perception haptique provient de la stimulation de la peau lors des mouvements actifs de la main mis en œuvre pour explorer un objet (Gentaz, 2018). Les informations proprioceptives et motrices liées aux mouvements d'exploration doivent être traitées et intégrées aux informations cutanées. La perception et l'action sont ainsi étroitement liées dans le système haptique. Le mode d'exploration (une ou deux mains, un ou plusieurs doigts, l'utilisation ou non de la paume...) dépend en grande partie des propriétés (taille, volume, orientation) du stimulus à percevoir (Hatwell, Streri & Gentaz, 2000). Pour compenser le champ perceptif cutané restreint et appréhender les objets dans leur intégralité, il faut produire plusieurs mouvements d'exploration, variant en fonction des caractéristiques de ce qu'il faut percevoir. Il en résulte une appréhension séquentielle et souvent partielle, qui charge lourdement la mémoire de travail et qui nécessite, en fin d'exploration, un travail mental d'intégration et de synthèse pour aboutir à une représentation cohérente et unifiée de l'objet. Ainsi, le traitement attentionnel est immédiat pour les stimulations visuelles, alors qu'il est beaucoup plus long pour les stimulations haptiques (Eimer & Forster, 2003). Le processus d'intégration multisensorielle, qui permet de combiner les différentes sources d'information, permet à l'individu de percevoir de manière précise son environnement (Calvert, Spence & Stein, 2004). Cette perception intégrée est plus informative et permet de saisir la nature

complexe des objets plus rapidement et plus précisément que ne le prévoit la somme des informations isolées. La coordination entre vision, toucher et proprioception est présente dès la naissance et augmente avec l'âge (Molina & Jouen, 2003 ; Streri & Gentaz, 2004). Les capacités de perception tactile se développent précocement et permettent à l'enfant de retirer des informations précises de son environnement. Cette perception, souvent peu sollicitée dans les apprentissages scolaires, pourrait permettre, via les processus d'intégration sensorielle, de mieux apprendre les associations lettre-son.

Effets de l'exploration haptique sur la reconnaissance des lettres et le décodage

Dans une série d'études, nous avons comparé deux entraînements proposant de façon commune des activités destinées à développer la conscience phonémique et la connaissance des lettres mais se distinguant par le type d'exploration des lettres : un entraînement haptique (groupe expérimental) et un entraînement visuel (groupe contrôle). Les enfants ont été répartis dans les deux groupes d'entraînement sur la base de leurs résultats à des prétests (conscience phonologique, connaissance des lettres, niveau de vocabulaire, QI non verbal), afin de comparer deux groupes équivalents d'enfants. Alors que l'entraînement haptique sollicite les modalités haptique, visuelle et auditive, l'entraînement visuel ne sollicite que les modalités visuelle et auditive. À chaque séance, des tâches de conscience phonémique (repérer le son dans une comptine, retrouver les mots qui commencent ou finissent par le son ciblé par la séance) et des tâches d'exploration de la lettre haptiquement ou visuellement étaient proposées aux élèves. Lors de l'exploration visuo-haptique et haptique, les élèves étaient amenés à tenir la lettre dans leur main puis à suivre avec leur index ses contours, d'abord les yeux ouverts, puis les yeux fermés. Ils réalisaient également une tâche de discrimination haptique, consistant à retrouver la lettre cible parmi deux lettres explorées avec la main, les yeux fermés. Pour l'exploration visuelle, les élèves disposaient d'une petite carte avec la lettre imprimée dessus et avaient pour tâche de retrouver la lettre cible parmi d'autres lettres.

Nos études ont mis en avant les effets positifs de l'ajout de l'exploration haptique sur l'apprentissage du décodage chez des enfants de grande section de maternelle sans difficultés langagières (Gentaz, Bara & Colé, 2003), ainsi qu'auprès d'un grand nombre d'enfants à risque de présenter des difficultés en lecture, scolarisés en réseau d'éducation

prioritaire (Bara, Gentaz & Colé, 2007 ; pour une description de cette population, voir Bara, Gentaz & Colé, 2008). Les résultats obtenus auprès de ces élèves plus fragiles révèlent un effet en deux temps, avec une amélioration plus importante dans le groupe haptique des performances dans les tests d'identification de phonèmes et de reconnaissance de lettres en fin de maternelle, et en décodage de pseudo-mots en début de cours préparatoire. L'exploration haptique a facilité la mémorisation des lettres et des sons et l'apprentissage de leur association. Le lien entre les lettres et les sons semble d'abord être développé de manière implicite, puis cette connaissance va être activée et devenir disponible dès le début de l'apprentissage formel de la lecture au CP.

Type de matériel et mode d'exploration des lettres

Nos premières études s'appuyaient sur l'exploration haptique de lettres en relief. Si le choix du matériel peut sembler anodin, qu'en est-il vraiment ? Est-ce que des lettres rugueuses (comme celles proposées dans les ateliers Montessori), des lettres en creux ou des lettres en relief ont le même effet sur l'apprentissage ? Par extension, cette question se pose également concernant la mise en œuvre de séances pédagogiques fréquemment observées impliquant le tracé de lettres sur une surface recouverte, par exemple, de sable ou par modelage (e.g. argile).

Pour répondre à ces questions, nous avons comparé les effets de l'utilisation de lettres en creux et de lettres en relief dans nos entraînements de préparation à la lecture (Bara, Fredembach & Gentaz, 2010). Contrairement à ce qui était obtenu avec des lettres en relief, les résultats ne nous ont pas permis de mettre en évidence de différence significative entre les deux entraînements dans les tâches de reconnaissance de lettres, de conscience phonologique et de décodage. L'effet bénéfique de l'exploration haptique par rapport à une simple exploration visuelle n'apparaît plus lorsqu'on change de matériel. Il convient donc d'essayer de comprendre en quoi l'utilisation de lettres en creux est différente de l'utilisation de lettres en relief. L'exploration haptique peut avoir pour effet négatif de surcharger la mémoire de travail. En effet, contrairement à la perception visuelle qui est immédiate, la perception haptique nécessite de maintenir en mémoire de travail les différentes informations recueillies au cours de l'exploration et de faire un travail mental de synthèse pour avoir une représentation complète de l'objet. Selon le type d'objet exploré et les procédures exploratoires manuelles mises en œuvre, ce travail va être plus ou moins coûteux. Si on observe les stratégies d'exploration mises en

œuvre par les enfants, on constate qu'elles varient en fonction du type de matériel utilisé. En effet, pour explorer les lettres en creux, les enfants utilisent une seule procédure qui consiste à suivre la forme de la lettre avec l'index (procédure de suivi de contours, Lederman & Klatzky, 1993). Pour explorer les lettres en relief, ils peuvent combiner différentes procédures (ils peuvent prendre la lettre dans la paume et obtenir ainsi des informations sur la forme globale). La procédure unique de suivi de contours utilisée pour percevoir les lettres en creux demande un coût de traitement élevé et est peu rapide, car elle permet d'obtenir les informations sur la forme de manière très séquentielle et morcelée. L'utilisation de ce type de lettre pourrait ainsi avoir des répercussions sur la charge cognitive pendant la phase d'apprentissage, ce qui expliquerait l'absence d'effet facilitateur dans ce cas (Bara & Tricot, 2017).

Il est également possible d'explorer la forme de la lettre non pas uniquement avec la main mais également avec le bras ou avec le corps entier. Qu'en est-il de ce type de pratique pédagogique que l'on peut parfois observer en classe ?

Pour répondre à cette question, nous avons comparé un entraînement visuel avec un entraînement moteur. Alors que dans l'entraînement visuel, les élèves avaient pour tâche de mémoriser la forme visuelle des lettres et de les reconnaître parmi d'autres lettres et à l'intérieur des mots, dans l'entraînement moteur, les élèves étaient invités à produire la forme des lettres dans les airs avec le bras et à marcher en suivant les contours de la lettre tracée au sol, les yeux ouverts, puis les yeux fermés, en étant guidé par un autre enfant. Les données recueillies ont permis de montrer une supériorité de l'entraînement moteur sur l'entraînement visuel pour l'apprentissage des lettres de l'alphabet (Bara *et al.*, 2013 ; Bara & Bonneton-Botté, 2017).

Voir ou faire le mouvement

Certains apprentissages peuvent être réalisés par l'observation répétée d'actions. L'enfant peut en effet extraire des constantes à partir des informations visuelles sur lesquelles il va pouvoir s'appuyer pour produire ses mouvements. Ces informations perçues au début de manière implicite seront utilisées de plus en plus consciemment (Vinter & Perruchet, 2002; Bonneton *et al.*, 2018).

Afin de tester les effets d'un apprentissage visuel, nous avons développé un entraînement visuel-séquentiel dans lequel les lettres, présentées aux enfants sur un écran d'ordinateur, étaient tracées progressivement jusqu'à appa-

raître en entier (Bara *et al.*, 2004 ; Hillairet de Boisferon *et al.*, 2007). Les résultats révèlent là encore une supériorité de l'entraînement haptique sur le décodage par rapport aux entraînements visuels. L'exposition à un modèle de tracé dynamique de la lettre ne permet pas d'améliorer autant l'apprentissage des lettres et des associations lettre-son que la production effective du mouvement par l'enfant. Si les enfants sont capables de retirer certaines informations sur le mouvement à partir de sa présentation visuelle (Bonneton-Botté *et al.*, 2012, 2018), cela ne permet pas pour autant d'améliorer de manière plus importante l'apprentissage que la réalisation effective de l'action. Nous pouvons supposer que l'accès aux informations visuelles sur le mouvement pourrait être utile s'il est couplé à la réalisation effective du geste.

Ces résultats vont dans le sens d'autres études qui montrent une supériorité de la réalisation de l'action en comparaison de la simple observation sur l'apprentissage des lettres et des mots (Badinlou, Kormi-Nouri & Knopf, 2018). Si l'observation de l'action peut avoir un effet, il reste cependant toujours plus faible que la réalisation de l'action. La construction d'un réseau neuronal partagé, impliquant le cortex prémoteur lors de la perception visuelle, ne se mettrait en place que si les enfants ont appris en réalisant l'action ; la simple observation de quelqu'un d'autre réalisant l'action ne suffirait pas à mettre en place ce réseau (James & Bose, 2011 ; James & Swain, 2011).

Conclusion

Les approches incarnées de la cognition apportent un cadre théorique solide et ont relancé les recherches en éducation sur l'utilisation du corps dans les apprentissages. Nous disposons maintenant d'un ensemble de données comportementales et neurologiques recueillies chez l'enfant, qui permettent d'attester de l'efficacité des interactions multisensorielles lors de l'apprentissage.

L'ensemble de nos résultats de recherche montre l'efficacité de l'ajout de l'exploration haptique pour développer la connaissance des lettres et les habiletés de décodage. C'est l'action de l'enfant dans son environnement, et non pas la simple observation, qui participe à l'élaboration des connaissances et qui permet la mise en œuvre du processus de décodage.

L'exploration multisensorielle des lettres (visuelle, auditive et haptique) pourrait agir à plusieurs niveaux dans l'apprentissage de la lecture :

- l'exploration haptique renforce la reconnaissance des lettres en participant à l'amélioration

son de la représentation visuelle de la lettre en mémoire. Au même titre que l'écriture, l'exploration haptique pourrait participer à la mise en place du réseau neuronal multimodal commun à la lecture et l'écriture.

■ L'amélioration de la reconnaissance des lettres facilite le développement de la conscience phonémique. L'interaction bidirectionnelle entre conscience phonémique et connaissance des lettres (Lerner & Lonigan, 2016) pourrait expliquer pourquoi l'ajout de l'exploration haptique améliore à la fois la connaissance des lettres et les compétences phonologiques.

● L'exploration haptique facilite l'apprentissage des associations lettre-son. On peut envisager cette contribution de deux manières : 1) un renforcement indirect du décodage qui découlerait de l'amélioration préalable de deux prérequis à la lecture (connaissance des lettres et conscience phonologique) ; 2) un renforcement direct des associations lettre-son, issu de l'interaction entre les différentes modalités sensorielles (visuelle, auditive et haptique) lors de l'apprentissage, qui va faciliter les activations entre les composants et rendre la trace en mémoire plus distincte (comme proposé dans le modèle *act in*, Versace et al., 2014). La vue de la lettre active directement le son correspondant et facilite ainsi la mise en correspondance des lettres et des sons, et donc l'utilisation du principe alphabétique. Pour être capable de traiter les correspondances graphème-phonème et d'associer des représentations visuelle et auditive, la création de traces mnésiques fortement intégrées et multimodales paraît essentielle. Le renforcement de la trace mnésique par un encodage supplémentaire haptique favorise ce processus d'intégration multimodale.

Si les effets de l'utilisation du corps nous paraissent clairement établis en ce qui concerne les processus de bas niveau en lecture, des études restent à mener pour démontrer son utilité pour les processus de plus haut niveau. Si la manipulation d'objets semble utile pour comprendre une série de phrases courtes (Glenberg et al., 2004, Glenberg, Brown & Levin, 2007), cet effet ne se reproduit pas forcément pour la compréhension de textes plus longs qui nécessitent de nombreuses inférences (Bara & Bedrune, 2018).

RÉFÉRENCES

- Badinlou, F., Kormi-Nouri, R. & Knopf, M. (2018). Action memory and knowledge-based cuing in school-aged children: The effect of object presentation and semantic integration. *Acta Psychologica*, 186, 118-125.
- Bara, F. & Bedrune, E. (2018). Est-ce que la manipulation d'objets minuscules peut aider à mieux comprendre un texte ? *Ressources*, 19, 6-15.
- Bara, F. & Bonneton-Botté, N. (2017). Learning letters with the whole body: Visuomotor vs visual teaching in kindergarten. *Perceptual & Motor Skills*, 125, 190-207.
- Bara, F., Fredembach, F. & Gentaz, É. (2010). Rôle des procédures exploratoires manuelles dans la perception haptique et visuelle de formes chez des enfants scolarisés en cycle 2. [Role of the manual exploratory procedures on the haptic and visual perception of shapes in children]. *L'Année psychologique*, 110, 197-225.
- Bara, F., Gentaz, É. & Colé, P. (2007). Haptics in learning to read with children coming from low socio-economic status families. *British Journal of Developmental Psychology*, 25, 643-663.
- Bara, F., Gentaz, É. & 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.
- Bara, F., Gentaz, É., Colé, P. & Sprenger-Charolles, L. (2004). The visuo-haptic and haptic exploration of letters increases the kindergarten-children's reading acquisition. *Cognitive Development*, 19, 433-449.
- Bara, F., Lannuzel, C., Pronost, C. & Calvarin, D. (2013). Utiliser son corps pour apprendre à reconnaître et à tracer les lettres en grande section de maternelle. *A.N.A.E.*, 123(25), 135-141.
- Bara, F. & Tricot, A. (2017). Le Rôle du corps dans les apprentissages symboliques : apport des théories de la cognition incarnée et de la charge cognitive. *Recherches sur la philosophie et le langage*, 33, 219-249.
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *The Annual Review of Psychology*, 59, 617-645.
- Bidet-Ildéi, C., Orliaguet, J. & Coello, Y. (2011). Rôle des représentations motrices dans la perception visuelle des mouvements humains. *L'Année psychologique*, 111, 409-445.
- Bidet-Ildéi, C., Méary, D. & Orliaguet, J. P. (2006). Visual perception of elliptical movements in 7- to 11-year-old children: Evidence of motor-perceptual interactions. *Current Psychology Letters: Brain, Behaviour and Cognition*, 2(19).
- Bonneton-Botté, N., Bara, F., De La Haye-Nicolas, F., Marec-Breton, N. & Gonthier, C. (2018). Writers' and pre-writers' perception of the cursive handwriting movement. *Reading and Writing*, 31, 927-943.
- Bonneton-Botté, N., De La Haye, F., Marec-Breton, N. & Bara, F. (2012). Détection et identification d'une caractéristique du mouvement d'écriture manuscrite chez les enfants préscripteurs et scripteurs. *Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 66, 164-171.
- Bub, D. N. & Masson, M. E. J. (2012). On the dynamics of action representations evoked by names and manipulable objects. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141, 502-517.
- Calvert, G. A., Spence, C. & Stein, B. E. (2004). *The handbook of multisensory processes*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Calvo-Merino, B., Grezes, J., Glaser, D., Passingham, R. E. & Haggard, P. (2006). Seeing or doing? Influence of visual and motor familiarity in action observation. *Current Biology*, 16, 1905-1910.
- Chao, L. L. & Martin, A. (2000). Representation of manipulable man-made objects in the dorsal stream. *Neuroimage*, 12, 478-484.
- Eimer, M. & Forster, B. (2003). Modulations of early somatosensory ERP components by transient and sustained spatial attention. *Experimental Brain Research*, 151, 24-31.
- Flores d'Arcais, G. B. (1994). Order of strokes writing as a cue for retrieval in reading Chinese characters. *European Journal of Cognitive Psychology*, 6, 337-355.
- Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind: An essay on faculty psychology*. Boston: MIT Press.
- Gallagher, S. (2005). *How the body shapes the mind*. Oxford: Oxford University Press.
- Gentaz, É. (2018). *La Main, le cerveau et le toucher*. Paris : Dunod.
- Gentaz, É., Bara, F. & Colé, P. (2003). Évaluation d'entraînements multisensoriels de préparation à la lecture chez les jeunes enfants de grande section maternelle. Étude sur la contribution du système haptique manuel. *L'Année psychologique*, 104, 561-584.
- Gentaz, É., Sprenger-Charolles, L., Theurel, A. & Colé, P. (2013). Reading comprehension in a large cohort of french first graders from low socio-