

# **PLASTICITE DE LA TRANSFORMATION SENSORI-MOTRICE ET RELATIONS PERCEPTION-ACTION DANS LE SYSTEME VISUEL**

**Thérèse COLLINS**

*Thèse de Psychologie Cognitive, Université Paris Descartes, présentée le 24 Septembre 2007*

*Mél : collins.th@gmail.com*

---

*Thesis title — Plasticity in sensory-motor transformation and perception-action relationships in the visual system*

*Titolo della tesi — Plasticità della trasformazione senso-motoria e relazioni percezione-azione nel sistema visivo*

*Titulo da tese — Plasticidade da transformação sensório-motora e relações percepção-ação no sistema visual*

*Titulo de la tesis — Plasticidad de la transformación sensori-motriz y relaciones percepción-acción en el sistema visual*

La transformation d'une information sensorielle en une commande motrice appropriée est essentielle pour la réalisation d'une action précise et adaptée sur les objets de l'environnement. Dans le système visuel, il s'agit de transformer les coordonnées sensorielles d'un objet visuel en coordonnées motrices susceptibles de diriger un mouvement oculaire, appelé *saccade*, vers cet objet.

Depuis l'avènement de techniques précises d'enregistrement des mouvements oculaires à la fin des années 1960, la question de l'influence de ces mouvements sur la perception visuelle a été un champ d'études grandissant des sciences cognitives. Un nombre important d'études confirme le lien étroit entre la perception visuelle et l'action. Par exemple, l'orientation de l'attention visuo-spatiale est liée à la préparation d'une saccade oculaire (Deubel et Schneider, 1996 ; Kowler *et al.*, 1995 ; Hoffman et Subramaniam, 1995 ; Doré-Mazars *et al.*, 2004); la persistance de l'image du mouvement est corrélée à la vitesse des mouvements de poursuite lente des yeux (Braun *et al.*, 2006); et l'espace visuel perçu est compressé vers la position visée par une saccade juste avant son exécution (Ross *et al.*, 1997). Toutes ces expériences suggèrent que la production d'un mouvement – et souvent sa simple préparation ! – influence quelle partie d'une scène visuelle nous percevons le mieux, dans quelle direction nous jugeons un mouvement ambigu, ou la position que les objets semblent occuper. Ainsi, notre perception du monde extérieur dépendrait non seulement des attributs physiques (coordonnées sensorielles) des objets s'y trouvant, mais aussi de la manière dont nous agissons, ou nous préparons à agir, sur ces objets.

Il paraît clair que l'action peut influencer la perception visuelle. L'action étant elle-même le résultat d'une transformation sensori-motrice (TSM), le lien entre la TSM et la perception visuelle reste une question fondamentale dans l'étude des relations

entre perception et action. L'objectif central de la présente thèse était d'examiner quelle étape dans le processus de transformation sensori-motrice influence la perception.

Pour ce faire, les coordonnées visuelles de la cible et les coordonnées motrices de la saccade ont été dissociées grâce à l'adaptation saccadique. Ce phénomène de plasticité motrice consiste en la correction d'erreurs de visée systématiques. On peut observer l'adaptation saccadique chez les patients ayant des dysfonctionnements des muscles extraoculaires. Initialement, les saccades mesurées chez ces patients sont de métrique inappropriée (sous- ou sur-visées systématiques de cibles visuelles), toutefois après quelques jours, la métrique redevient normale et la précision des saccades est à nouveau assurée (Abel *et al.*, 1978 ; Kommerell *et al.*, 1976). L'adaptation saccadique peut être étudiée chez le sujet sain en laboratoire grâce à la méthode du double-saut de la cible (McLaughlin, 1967). Cette méthode consiste à déplacer la cible de la saccade pendant son exécution, imitant une erreur de visée une fois la saccade arrivée. La perception du mouvement étant inhibée pendant les saccades (Bridgeman *et al.*, 1975), ce déplacement n'est pas perçu consciemment par le sujet. Néanmoins, après quelques dizaines d'essais, l'amplitude de la saccade se modifie progressivement de manière à corriger l'erreur (Hopp et Fuchs, 2004). Il existe alors une dissociation entre les coordonnées visuelles de la cible pour la saccade et les coordonnées motrices de la saccade qui mène les yeux vers cette cible.

Nous avons adopté cette méthodologie de manière à distinguer dans l'espace les coordonnées visuelles de la cible et les coordonnées motrices de la saccade. Afin de déterminer à quelles coordonnées étaient couplées la perception, nous avons sondé la perception à chaque position. Deux aspects de la perception ont été étudiées : l'orientation de l'attention visuo-spatiale et la perception de l'espace.

Dans une première série d'expériences (Doré-Mazars et Collins, 2005 ; Collins et Doré-Mazars, 2006), nous avons demandé à des sujets d'effectuer une saccade vers un stimulus périphérique. Pendant la préparation de la saccade, c'est-à-dire entre le signal de départ et le mouvement effectif, des stimuli étaient présentés brièvement à plusieurs positions différentes. Un seul stimulus constituait la cible à discriminer. Cette cible pouvait apparaître à la position de la cible pour la saccade ou à la position qui serait atteinte par la saccade en préparation (les deux positions différant grâce à l'adaptation saccadique). Les performances de discrimination relatives indiquent l'orientation de l'attention, le focus attentionnel étant la position de meilleure performance. Les résultats montrent que l'attention est orientée, pendant la préparation d'un mouvement, vers la position des coordonnées motrices. Ainsi, lorsque ces coordonnées sont modifiées par adaptation saccadique, l'orientation de l'attention visuo-spatiale subit une modification analogue. La répartition des capacités perceptives à travers le champ visuel dépendrait de l'action en cours de préparation.

Une seconde étude a abordé la question de la perception de l'espace (Collins *et al.*, 2007). Nous avons demandé à des sujets d'estimer la localisation de stimuli visuels présentés à différentes positions à travers l'hémichamp visuel droit. Dans une autre condition expérimentale, les sujets devaient effectuer une saccade vers des cibles placées aux mêmes positions que les stimuli à localiser. Une seule de ces saccades a été adaptée, mais cette adaptation influence d'autres vecteurs saccadiques en fonction de leur proximité métrique avec le vecteur adapté : plus la métrique de la saccade testée est proche de la saccade adaptée, plus la saccade testée sera

modifiée par l'adaptation (Noto *et al.*, 1999). Les résultats montrent que l'adaptation mène à une modification de la localisation perçue des objets visuels. Cette modification est proportionnelle à la modification adaptative de la saccade vers l'objet. Ainsi, si la saccade dirigée vers un objet est réduite suite à l'adaptation saccadique, cet objet sera perçu comme étant plus proche. Il est important de noter que la modification perceptive ne dépend pas de l'exécution d'une saccade vers l'objet, car cette modification a lieu même lorsque cette saccade n'est pas exécutée. La perception de l'espace dépendrait donc du potentiel à agir dans cet espace.

Ces résultats expérimentaux soutiennent l'idée proposée dès le début du siècle dernier par Poincaré (1902), pour qui localiser « signifie simplement que nous nous représentons les mouvements qu'il faut faire pour atteindre [un] objet ». Poincaré précise que ce ne sont pas tant les mouvements eux-mêmes qu'il faut représenter, mais « les sensations musculaires qui les accompagnent ». Sans forcément attribuer un caractère représentationnel à ce processus, il s'agit bien des coordonnées motrices. De plus, ces sensations « n'ont aucun caractère géométrique, qui par conséquent n'impliquent nullement la préexistence de la notion d'espace. » Ainsi, localiser un objet dans l'espace dépend étroitement de la relation entre le corps percevant et l'objet perçu, relation qui fonde la perception de l'espace. Si aucune sensation ne peut à elle seule donner l'impression de l'espace, c'est dans « les lois suivant lesquelles ces sensations se succèdent » que la notion de l'espace se construit. Ainsi, la succession de sensations résultant d'un enchaînement d'actions donne lieu à la perception de l'espace. La primordialité de l'action et de l'expérience est également au centre de l'approche phénoménologique de la perception de Merleau-Ponty (1945). Plus récemment, l'approche qui fonde la perception sur les mouvements corporels a été reprise en sciences cognitives. Cette conception récente propose que la perception visuelle ne dépend pas d'une représentation mentale interne du monde visuel mais plutôt des lois qui régissent la relation entre une action et un changement sensoriel (O'Regan et Noë, 2001 ; Noë, 2004). La vision diffère des autres modalités sensorielles parce que la manière d'échantillonner l'information par les mouvements oculaires provoque des modifications sensorielles suivant des lois précises et constantes et qui diffèrent des modifications sensorielles dues à l'échantillonnage de l'information dans d'autres modalités. Ces approches phénoménologiques prédiraient donc que la modification de la relation entre l'entrée sensorielle et la sortie motrice – telle que celle créée par l'adaptation saccadique – devrait s'accompagner d'une modification perceptive.

Les résultats des études menées pendant la thèse sur l'influence des mouvements oculaires sur la perception visuelle convergent vers une même conclusion : la perception dépend de la manière dont nous agissons dans le monde visuel. Le rôle du potentiel à agir dans l'espace dans la perception de cet espace est un point central d'une conception théorique de la perception visuelle en sciences cognitives. Cette notion peut s'étendre à l'action en cours de préparation : tout comme le potentiel à agir va conditionner la perception de l'espace, la préparation d'un acte spécifique va organiser la perception en temps réel. L'attention visuo-spatiale traduit la « valeur » comportementale des différentes parties du champ visuel, c'est-à-dire la probabilité qu'une partie du champ visuel plutôt qu'une autre sera traitée perceptivement. La préparation d'une saccade d'une métrique particulière va organiser le déploiement des ressources perceptives à travers le champ visuel. Si la perception de l'espace dépend de notre potentiel à agir dedans, la perception des objets dans l'espace dépend de nos actions effectives.

Il convient alors de distinguer plusieurs espaces : visuel, oculomoteur et perçu. L'espace visuel correspond au champ visuel, c'est-à-dire la partie du monde visuel dans laquelle une stimulation peut entraîner une activité rétinienne. La représentation de cet espace sensoriel au niveau cérébral est très différente du monde visuel lui-même, avec une représentation disproportionnée de la partie centrale par rapport à la périphérie (Findlay, 1982 ; Virsu et Hari, 1996). L'espace oculomoteur est défini par les règles de la transformation sensori-motrice, qui régissent la correspondance entre entrée sensorielle et sortie motrice. L'espace oculomoteur n'est pas défini par les positions qui peuvent être atteintes par le regard – qui sont globalement alignées avec l'espace visuel – mais par les relations entre les différentes positions de cet espace (Paillard, 1991). Finalement, l'espace perçu, bien qu'il soit délimité par l'espace visuel, est régi par les lois de l'espace oculomoteur. Ces lois – les règles de transformation sensori-motrice – conditionnent la répartition des capacités attentionnelles dans le champ visuel, ainsi que la perception de la position d'objets dans l'espace. L'espace perçu résulte donc à la fois des coordonnées sensorielles d'un objet, définies dans un espace visuel, et de ses coordonnées motrices, définies dans l'espace oculomoteur.

## Références bibliographiques

- Abel L., Schmidt D., Dell'Osso L., Daroff R. (1978). Saccadic system plasticity in humans. *Annals of Neurology*, 4, 313-318.
- Braun D., Pracejus L., Gegenfurtner K. (2006). Motion aftereffect elicits smooth pursuit eye movements. *Journal of Vision*, 6, 671-684.
- Bridgeman B., Hendry D., Stark L. (1975). Failure to detect displacement of the visual world during saccadic eye movements. *Vision Research*, 15, 719-722.
- Collins T., Doré-Mazars K. (2006). Eye movement signals influence perception: evidence from the adaptation of reactive and volitional saccades. *Vision Research*, 46, 3659-73.
- Collins T., Doré-Mazars K., Lappe, M. (2007). Motor space structures perceptual space : Evidence from human saccadic adaptation. *Brain Research*.
- Deubel H., Schneider W. (1996). Saccade target selection and object recognition: Evidence for a common attentional mechanism. *Vision Research*, 26, 1827-1837.
- Doré-Mazars K., Collins T. (2005). Saccadic adaptation shifts the presaccadic attention focus. *Experimental Brain Research*, 162, 537-42.
- Doré-Mazars K., Pouget P., Beauvillain C. (2004). Attentional selection during preparation of eye movements. *Psychological Research*, 69, 67-76.
- Findlay J. (1982). Global visual processing for saccadic eye movements. *Vision Research*, 22, 1033-1045.
- Hoffman J., Subramaniam B. (1995). The role of visual attention in saccadic eye movements. *Perception and Psychophysics*, 57, 787-795.
- Hopp J., Fuchs A. (2004). The characteristics and neuronal substrate of saccadic eye movement plasticity. *Progress in Neurobiology*, 72, 27-53.
- Kommerell G., Olivier D., Theopold H. (1976). Adaptive programming of phasic and tonic components in saccadic eye movements. Investigations in patients with abducens palsy. *Investigative Ophthalmology*, 15, 657-660.
- Kowler E., Anderson E., Doshier B., Blaser E. (1995). The role of attention in the programming of saccades. *Vision Research*, 35, 1897-1916.

- McLaughlin S. (1967). Parametric adjustment in saccadic eye movements. *Perception and Psychophysics*, 2, 359-362.
- Merleau-Ponty M. (1945). *Phénoménologie de la perception*. Paris, Éditions Gallimard.
- Noë A. (2004). *Action in Perception*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Noto C., Watanabe S., Fuchs A. (1999). Characteristics of simian adaptation fields produced by behavioral changes in saccade size and direction. *Journal of Neurophysiology*, 81, 2798–2813.
- O'Regan JK, Noë A. (2001). A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 939-1031.
- Paillard J. (1991). Motor and representational framing of space. In Paillard, J. (Ed.), *Brain and Space*. Oxford : OUP.
- Poincaré H. (1902). *La science et l'hypothèse*. Paris: Flammarion.
- Ross J., Morrone M. C., Burr D. (1997). Compression of visual space before saccades. *Nature*, 386, 598-601.
- Virsu V., Hari R. (1996). Cortical magnification, scale invariance and visual ecology. *Vision Res*, 36, 2971-2977, p. 2973.

---

## L'auteur



Thérèse Collins a effectué son doctorat à l'Université Paris Descartes sous la direction de Mme Karine Doré-Mazars. Ses recherches de post-doctorat sur le thème des relations entre perception et action seront menées à l'Université de Hambourg (Allemagne).



# **CONTROLE COGNITIF ET FLEXIBILITE**

## **ETUDE DE L'IMPLICATION DES TRACES EPISODIQUES A COURT-TERME EN SITUATION D'ALTERNANCE DE TACHE**

**Stéphanie LALLEMAND**

*Thèse de Psychologie Cognitive, Université Bordeaux 2, présentée le 30 novembre 2005 sous le nom de Stéphanie Kedziora-Lallemand.*

*Mél : stephanie.lallemand@u-bordeaux2.fr*

---

**Thesis title** — *Cognitive control and flexibility: implication of short term episodic traces in task-switching situation*

**Titolo della tesi** — *Controllo cognitivo e flessibilità : studio della conseguenza delle tracce episodiche a breve scadenza in situazione d'alternanza di compito*

**Título da tese** — *Controle cognitivo e flexibilidade: estudo da implicação dos traços episódicos de curto-termo em situação de alternância de tarefa*

**Titulo de la tesis** — *Control cognitivo y flexibilidad: estudio de implicación de los rasgos episódicos a corto plazo en situación de alternancia de tarea*

Lorsqu'une situation requiert le contrôle de l'action, la phase de sélection d'une réponse constitue une étape critique du traitement de l'information. Cette sélection nécessite le stockage, en mémoire de travail, d'un certain nombre de représentations, nécessaires au choix d'une réponse en adéquation avec le but de la tâche et ses différentes alternatives possibles. La flexibilité du système de contrôle cognitif a intensivement été étudiée depuis une vingtaine d'années par le biais du paradigme d'alternance de tâche (Monsell, 2003).

Dans les expériences d'alternance, les participants reçoivent pour consigne d'alterner entre deux tâches cognitives simples. Ces situations requièrent l'intervention de processus de contrôle exécutif pour permettre la reconfiguration du système cognitif à chaque changement de tâche (Rogers et Monsell, 1995) mais aussi pour inhiber les éléments non pertinents persistants des essais précédents (Allport *et al.*, 1994 ; Wylie et Allport, 2000). De façon classique, la situation d'alternance, comparée aux conditions où la même tâche est répétée, est associée à un coût en termes de rapidité et de précision. Cette différence entre les performances mesurées en alternance et celles mesurées en répétition est appelée le coût d'alternance.

De nombreuses recherches ont montré que le coût d'alternance pouvait être diminué par l'allongement de l'intervalle inter-essai. L'interprétation proposée de cet effet de préparation envisage que le temps séparant deux essais permet, lorsqu'il est suffisant, la reconfiguration du système cognitif et la dissipation des éléments non pertinents liés à la tâche antérieure. Cependant, un coût persiste, même si cet intervalle est optimal. Cette partie robuste du coût d'alternance est appelée coût résiduel de l'alternance.

De récents modèles de l'alternance avancent une explication du coût d'alternance impliquant la récupération épisodique de traces stockées au fil des essais (Altmann

et Gray, 1998 ; Hommel, 1998 ; Waszak *et al.*, 2003). Ainsi, le but de notre travail était de déterminer en quelle mesure la composante résiduelle du coût d'alternance pouvait être expliquée par des interférences de type épisodique. Nous avons émis l'hypothèse que la sélection d'une réponse générerait la création d'une trace épisodique, stockée à court-terme et potentiellement interférente pour les essais ultérieurs, notamment lors d'un changement de tâche. Par ailleurs, nous avons étudié l'influence des processus de contrôle exécutif sur cette trace épisodique.

Les résultats des 5 expériences menées dans le cadre de notre thèse montrent que, dans une situation classique d'alternance de tâche, la sélection d'une réponse génère effectivement la création d'une trace épisodique. Les effets liés à sa présence expliquent une grande partie du coût lié à l'alternance de tâches. En effet, cette trace épisodique renferme des informations sur la tâche exécutée ainsi que sur la réponse sélectionnée et peut faciliter le traitement ultérieur d'une tâche, mais dans la seule condition où tous les éléments qui la constituent sont répétés. Par contre, la répétition d'une réponse précédemment sélectionnée dans un contexte de tâche différent se trouve être une situation particulièrement difficile à gérer pour le système cognitif. Ce caractère interférent est, par ailleurs, d'autant plus important que les tâches mises en concurrence sont similaires.

L'allongement de l'intervalle inter-essai permet systématiquement d'amoinrir l'interférence liée à la présence de cette trace épisodique tout en conservant son caractère facilitateur pour les essais répétés. Ceci implique que les processus de contrôle exécutif peuvent intervenir, quand le temps de préparation est suffisamment long, pour gérer le conflit éventuel entre les informations amorcées par la trace épisodique et les caractéristiques de la tâche en cours.

Nous proposons que le *buffer* épisodique, proposé par Baddeley (2000, 2002) dans une récente adaptation de son modèle de la mémoire de travail, puisse stocker cette représentation épisodique. Cette dernière peut en effet être maintenue active mais ses effets sont amoindris, voire annulés lorsque la sélection d'une réponse intermédiaire vient perturber son maintien. Par ailleurs, l'influence de ces traces épisodiques à court-terme semble être dépendante des caractéristiques de la tâche et leur gestion pourrait faire apparaître des différences individuelles. En effet, les capacités de mémoire de travail seraient impliquées dans le choix de stratégies mises en place pour gérer les alternances lorsque les caractéristiques de l'expérience permettent aux participants d'en utiliser plusieurs.

## Références bibliographiques

Allport D. A., Styles E. A., Hsieh S. (1994). Shifting intentional set: Exploring the dynamic control of tasks. In C. Umiltà & M. Moscovitch (Eds.), *Attention and performance 15: Conscious and nonconscious information processing*. (pp. 421-452): The MIT Press.

Altmann E. M., Gray W. D. (1998). Pervasive Episodic Memory: Evidence from a Control-of-Attention Paradigm. In M. A. Gernsbacher & S. J. Derry (Eds.), *Proceedings of the Twentieth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 42-47). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Baddeley A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423.

Baddeley A. D. (2002). Is working memory still working? *European Psychologist*, 7(2), 85-97.

Hommel B. (1998). Event Files: Evidence for Automatic Integration of Stimulus-Response Episodes. *Visual Cognition*, 5(2), 183-216.

Monsell S. (2003). Task switching. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(3), 134.

Rogers R. D., Monsell S. D. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124(2), 207.

Waszak F., Hommel B., Allport A. (2003). Task-switching and long-term priming: Role of episodic stimulus-task bindings in task-shift costs. *Cognitive Psychology*, 46(4), 361.

Wylie G., Allport A. (2000). Task switching and the measurement of "switch costs". *Psychological Research*, 63(3/4), 212.

---

## L'auteur

Stéphanie Lallemand a effectué sa thèse au Laboratoire de Psychologie EA-3662 de l'Université Victor Segalen Bordeaux 2 sous la direction du Pr. André Charles. Elle conduit actuellement ses recherches sur ce thème dans le Laboratoire où elle a suivi sa formation et développe une thématique sur le Trouble Déficitaire de l'Attention avec Hyperactivité en collaboration avec l'Equipe de Neurosciences Cognitives Humaines et Neuro-imagerie de l'UMR-CNRS-5231.



# ÉTUDE MICROGÉNÉTIQUE DES MÉDIATIONS ÉPISTÉMIQUES D'UN OUTIL INFORMATISÉ DE REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES CONNAISSANCES AU COURS D'UNE ACTIVITÉ DE COMPRÉHENSION DE TEXTE PROPOSITIONS POUR UNE APPROCHE INSTRUMENTALE ÉTENDUE DES MÉDIATIONS DES OUTILS COGNITIFS DANS L'APPRENTISSAGE

**Béatrice PUDELKO**

Thèse de Psychologie Cognitive, Université Paris 8, présentée le 13 novembre 2006.

Mél : [beatrice.pudelko@licef.telugu.uqam.ca](mailto:beatrice.pudelko@licef.telugu.uqam.ca)

---

*Thesis title* — *Microgenetic study of epistemic mediation by a computerized graphic representation tool of knowledge during a text comprehension activity*

*Titolo della tesi* — *Studio microgenetico delle mediazioni epistemiche di un' applicazione per la rappresentazione grafica delle conoscenze nel corso di un'attività di comprensione del testo*

*Titulo da tese* — *Estudo microgenético das mediações epistêmicas de uma ferramenta informatizada de representação gráfica dos conhecimentos durante uma atividade de compreensão de texto*

*Titulo de la tesis* — *Estudio microgenético de las mediaciones epistémicas de una herramienta informática de representación gráfica de los conocimientos en el transcurso de una actividad de comprensión de texto*

Dans le domaine éducatif, le terme d'*outil cognitif* regroupe divers outils de représentation externe des connaissances (Jonassen, 1992). Parmi ces outils figurent les *cartes conceptuelles*, sortes de représentations graphiques des connaissances sous forme de réseau de nœuds et d'arcs. Dans le contexte éducatif nord-américain, la construction des cartes conceptuelles est utilisée principalement à titre de stratégie d'apprentissage par les textes, surtout dans les domaines scientifiques, et ce, à tous les niveaux d'enseignement. Depuis une quinzaine d'années, divers outils informatisés ont été conçus pour soutenir cette stratégie. Toutefois, malgré l'abondance de recherches dans le domaine, la question de la médiation de l'activité d'apprentissage par des cartes conceptuelles et d'autres types d'outils cognitifs, informatisés ou non informatisés, reste controversée et mal comprise. L'objectif de notre recherche a été d'analyser les médiations dans l'activité de compréhension de texte induites par l'activité de construction des cartes conceptuelles avec un outil informatisé particulier (le logiciel MOT, Paquette 2002) par des étudiants universitaires dans le domaine des sciences cognitives. Pour ce faire, nous avons été conduite à préciser la notion de médiation des outils cognitifs

dans l'activité. Notre point de départ a été la proposition de Rabardel (1995 ; 1999) de fonder une *approche instrumentale étendue*, permettant d'analyser les médiations de divers types d'outils matériels et symboliques, sur le concept de *schème d'utilisation*. Ce concept permet de relier la théorie piagétienne du développement des schèmes et l'idée vygotkienne d'*instrument psychologique*. Notre cadre théorique s'appuie principalement sur l'analyse du développement du concept de médiation des instruments psychologiques dans l'œuvre de Vygotski (1924-1934) et sur les propositions sur la conceptualisation de l'action et sur la logique des significations développées par Piaget (1974-1987). Nous avons également puisé dans la théorie de l'activité de Léontiev (1975), tout comme dans les travaux classiques en psychologie ergonomique cognitive sur les habiletés cognitives et les automatismes (Leplat, 1988 ; 2005) et dans la théorie de cognition expérimentée (Carlson, 1997). Nous accordons une place importante aux aspects épistémologiques, gnoséologiques et méthodologiques de la théorie vygotkienne de la médiation instrumentale.

Dans ce cadre, nous proposons de recourir au *schème d'utilisation* à titre d'unité structurale-fonctionnelle de l'analyse de l'activité instrumentée. Cette unité est celle d'une action orientée vers un objet et intégrant un autre objet en tant qu'outil de cette action. Le développement des schèmes d'utilisation peut être conceptualisé selon trois lois de constitution des structures proposées par Piaget : l'enchaînement temporel, la hiérarchisation (l'emboîtement) et l'organisation téléonomique (l'action de la structure totale sur ses composantes). Une structure stabilisée des schèmes d'utilisation constitue une *habileté cognitive* qui présente une *face externe* (activité matérielle) et une *face interne* (activité mentale) dont la relation est celle d'*isomorphisme partiel* pour plusieurs raisons. Tout d'abord, la signification de l'action réalisée sur le plan interne et présente à la conscience du sujet est celle du résultat de l'action instrumentée et englobe les significations de ses constituantes : actions (opérations selon Léontiev), objets ou outils. De plus, la bijection des formes entre la face externe et la face interne de l'activité fait qu'une habileté cognitive peut être plus ou moins *perceptivo-enactive* ou *symbolique*, ou encore externalisée sous forme d'artefacts. Notre hypothèse générale est que, dans les situations d'apprentissage par les textes, le sujet met en œuvre une habileté de compréhension de texte, développée et stabilisée par la pratique socialement et historiquement constituée, notamment celle de « lecture silencieuse ». Cette habileté verbale constitue une sorte de « routine mentale » réalisant la « coordination agie » des significations verbales des mots. Le développement et le fonctionnement de la structure de ce type d'habileté symbolique peuvent être décrits à la lumière de l'hypothèse vygotkienne du *langage intérieur* et de son rôle fonctionnel dans l'activité. L'hypothèse de Vygotski est que les significations des actions mentales (correspondant aux *schèmes opératoires de l'expérience physique* selon Piaget) sont réalisées sous forme verbale sur le plan du langage intérieur. Ces significations présentes à la conscience du sujet constituent des jugements « enveloppés » dans la signification du prédicat. Le rôle fonctionnel du langage intérieur étant de guider et de contrôler l'activité, plus l'activité réalisée est familière et habituelle, moins elle nécessite la production des significations « développées » et plus la forme des prédicats présente un caractère asyntaxique (abrogé). Notre hypothèse spécifique est que les médiations d'un outil cognitif tel qu'un outil de construction des cartes conceptuelles durant l'activité de compréhension de texte consistent en transformations des significations produites sur le plan du langage intérieur en induisant un « développement » des jugements « enveloppés » dans les prédicats. Ces médiations sont d'ordre épistémique uniquement si elles permettent au sujet de

*reconceptualiser* les significations des mots dans le sens d'une « meilleure » compréhension de texte, i.e. plus conforme aux connaissances objectives et aux critères de scientificité du domaine. Ce processus correspond à la *généralisation constructive* décrite par Piaget et Henriques (1978) et Vygotski (1934). Les médiations épistémiques d'un outil cognitif sont associées à l'expérience, pour le sujet, d'un sentiment de réaliser un véritable travail de prise de conscience des significations des mots, nécessitant la désautomatisation des significations immédiates et habituelles. Une implication méthodologique importante de l'isomorphisme partiel des activités externe et interne et du rôle fonctionnel du langage intérieur est que la description de l'enchaînement temporel et de l'emboîtement des schèmes d'utilisation peut être réalisée sur la base de l'observation de l'activité externe, tandis que l'organisation téléonomique de l'activité et sa hiérarchisation (généralisation) ne sont accessibles que sur la base de la verbalisation de l'activité par le sujet. Toutefois, la verbalisation à voix haute constitue déjà une médiation des significations produites sur le plan du langage intérieur se réalisant par leur « développement » sous forme du langage parlé et, de plus, peut induire une reconceptualisation des significations. C'est pourquoi la verbalisation concomitante ne peut être utilisée pour étudier les médiations d'un outil cognitif. Nous avons utilisé, dans notre étude, la méthode de verbalisation consécutive sur traces d'exécution (le sujet verbalise son activité en visionnant l'enregistrement vidéo de celle-ci), dont nous avons examiné la validité méthodologique. Outre ce principe méthodologique de « méthode instrumentale double », nous avons mis en œuvre les principes de méthode microgénétique et de validité écologique de l'expérimentation. Quatre étudiants volontaires ont participé à trois séances de construction des cartes conceptuelles selon les consignes en vigueur dans leur cours. Pour analyser l'activité de construction des cartes conceptuelles nous avons utilisé l'unité d'analyse structurale-fonctionnelle - le schème d'utilisation - à tous les niveaux de construction de protocoles. Pour analyser la verbalisation consécutive en tant qu'objet et méthode de la recherche nous avons élaboré une grille d'analyse thématique fondée sur la théorie linguistique de Culioli (1990). Les résultats produits vont dans le sens de nos hypothèses générale et spécifique, et indiquent notamment la présence des significations réalisées sous forme abrogée tout comme une interchangeabilité des formes produites sur le plan de l'activité externe et interne. Les médiations induisant une activité de généralisation constructive sont rares, contrairement aux médiations induisant des généralisations dites inductives (Piaget et Henriques, 1978). Le cadre théorique et méthodologique construit semble prometteur pour analyser les médiations des divers outils cognitifs dans l'activité. Plus généralement, il démontre la complémentarité des théories piagétienne et vygotkienne tout en proposant une interprétation nouvelle de cette dernière.

## Références bibliographiques

- Carlson R. A. (1997). *Experienced Cognition*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- Culioli A. (1990). *Théorie des opérations prédicatives et énonciatives. Séminaires de DEA. T1*. Paris: Ophrys.
- Jonassen D. H. (1992). Semantic Networking as Cognitive Tools. In P. A. M. Kommers, D. H. Jonassen et J. T. Mayes (éds.), *Cognitive tools for learning*. NATO Series (Vol. F81), Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag. 19-21.
- Leontiev A. N. (1975). *Activité, conscience, personnalité*. Moscou: Éditions du Progrès.

- Leplat J. (1988). Les habiletés cognitives dans le travail. In P. Perruchet (éd.), *Les automatismes cognitifs*. Liège: Mardaga. 139-172.
- Leplat J. (2005). Les automatismes dans l'activité: pour une réhabilitation et un bon usage. *Activités. Revue électronique* 2(2): 43-67.
- Paquette G. (2002). *Modélisation des connaissances et des compétences. Un langage graphique pour concevoir et apprendre*. Sainte-Foy, Québec, Canada: Presses de l'Université du Québec.
- Piaget J. (1974a). *La prise de conscience*. Paris: PUF.
- Piaget J. (1974b). *Réussir et comprendre*. Paris: PUF.
- Piaget J. (1977). *Recherches sur l'abstraction réfléchissante, 2ième partie : l'abstraction de l'ordre et des relations spatiales*. Paris: PUF.
- Piaget J. (1980). *Les formes élémentaires de la dialectique*. Paris: Gallimard.
- Piaget J., et Garcia R. (1971). *Les explications causales*. Paris: PUF.
- Piaget J. et Garcia R. (1987). *Vers une logique de significations*. Genève: Murionde.
- Piaget J. et Henriques G. (1978). Recherches sur la généralisation. *Études d'Épistémologie et de Psychologie Génétiques*, vol. XXXVI. Paris : PUF.
- Rabardel P. (1995). *Les hommes et les technologies. Une approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Rabardel P. (1999). Le langage comme instrument? Éléments pour une théorie instrumentale élargie. In Y. Clot (éd.), *Avec Vygotski*. Paris : La Dispute. 241-280.
- Vygotski L. S. (1925/1999) Consciousness as the problem in the psychology of behavior. (N. Veresov, Trad.). In N. Veresov (éd.), *Undiscovered Vygotsky. Etudes on the pre-history of cultural-historical psychology*. Frankfurt am Main: Peter Lang. 256-281.
- Vygotski L. S. (1926/1997). The methods of reflexological and psychological investigations. In R. W. Rieber et J. Wollock (éds.), *The collected works of L.S. Vygotsky*. Vol. 3 New York /London: Plenum Press. 35-49.
- Vygotski L. S. (1926/1997). Preface to Thorndike. In R. W. Rieber et J. Wollock (éds.), *The collected works of L.S. Vygotsky*. Vol. 3 New York /London: Plenum Press. 147-161.
- Vygotski L. S. (1927/1999). *La signification historique de la crise en psychologie* (C. Barras et J. Barberies, Trad.). Lausanne-Paris: Delachaux et Niestlé.
- Vygotski L. S., et Luria A. R. (1930/1993). *Studies on the history of behavior : Ape, Primitive, and Child* (V. I. Golod et J. E. Knox, Trad.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Vygotski, L. S. (1930-1985). La méthode instrumentale en psychologie. In B. Schneuvly et J.-P. Bronckart (éds.), *Vygotsky aujourd'hui* Neuchatel, Suisse: Delachaux et Niestlé. 39-47.
- Vygotski, L. S. (1930/1997) On psychological systems. In R. W. Rieber & J. Wollock (éds.), *The collected works of L.S. Vygotsky*. Vol. 3 (pp. 91-107). New York /London: Plenum Press.
- Vygotski, L. S. (1930-2003). Psychisme, conscience, inconscient (F. Sève et G. Fernandez, Trad.). Dans L. S. Vygotski *Conscience, inconscient, émotions*. Paris: La Dispute. 95-121.
- Vygotski, L. S. (1931/1997) The history of development of higher mental functions. In R. W. Rieber et J. Wollock (éds.), *The collected works of L.S. Vygotski*. New York and London: Plenum Press.
- Vygotski, L. S. (1931/1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harward University Press.

Vygotski, L. S. (1931/1997). The history of development of higher mental functions. In R. W. Rieber et J. Wollock (éds.), *The collected works of L.S. Vygotsky*. New York and London: Plenum Press.

Vygotski L. S. (1933/2002). Le problème de la conscience. Note sur les thèses principales du rapport de L.S. Vygotski (1933) prise par A.N. Léontiev. In Y. Clot (éd.), *Avec Vygotski* (2ième éd.) Paris: La Dispute. 305-322.

Vygotski L. S. (1934/1985). *Pensée et langage* (F. Sève, Trad.). Paris: Messidor/Éditions Sociales.

---

## L'auteur

Béatrice Pudelko a soutenu sa thèse en psychologie des processus cognitifs à l'université Paris 8 (Saint-Denis) en 2006. Depuis plusieurs années elle vit et travaille à Montréal (Québec). Elle est membre du Laboratoire en Informatique Cognitive et Environnements de Formation (LICEF, Télé-université) où elle a réalisé sa thèse tout en participant aux recherches dans le domaine de modélisation des connaissances et des compétences dans l'objectif de formation et de transfert d'expertise. Elle a également collaboré à plusieurs recherches pluridisciplinaires menées au Québec, en France et en Belgique sur les questions de l'intégration des technologies de l'information et de la communication en enseignement, notamment universitaire et en formation continue. Elle développe actuellement ses recherches sur la médiation des outils cognitifs dans l'activité d'apprentissage dans une approche culturelle-historique du développement cognitif selon deux axes principaux : la co-modélisation des connaissances en tant que stratégie d'explicitation des connaissances par les experts et la modélisation en tant que stratégie d'aide à la conceptualisation des connaissances dans les domaines scientifiques dans les situations d'apprentissage par les textes. Elle s'intéresse également aux fondements épistémologiques et praxéologiques de la méthode instrumentale en psychologie.

