

LA RÉOLUTION DE PROBLÈME NATURALISÉE

Frédéric Vallée-Tourangeau et Gaëlle Villejoubert

NecPlus | « [Enfance](#) »

2011/1 N° 1 | pages 93 à 116

ISSN 0013-7545

Article disponible en ligne à l'adresse :

<https://www.cairn.info/revue-enfance2-2011-1-page-93.htm>

Distribution électronique Cairn.info pour NecPlus.

© NecPlus. Tous droits réservés pour tous pays.

La reproduction ou représentation de cet article, notamment par photocopie, n'est autorisée que dans les limites des conditions générales d'utilisation du site ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Toute autre reproduction ou représentation, en tout ou partie, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit, est interdite sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France. Il est précisé que son stockage dans une base de données est également interdit.

La résolution de problème naturalisée

Frédéric VALLÉE-TOURANGEAU, GAËLLE VILLEJOURBERT¹

RÉSUMÉ

Un des aspects marquants de la résolution de problème observée hors laboratoire est l'interactivité omniprésente entre le penseur et l'espace physique qui définit le contexte de raisonnement ; un espace peuplé de symboles, artefacts, voire d'autres participants. Néanmoins, les chercheurs en psychologie cognitive planifient des procédures expérimentales dans lesquelles cette interactivité est soit limitée soit totalement éliminée. Nous présentons trois paradigmes de recherches portant sur la résolution de problème où nous introduisons de nouvelles méthodologies expérimentales dans lesquelles la résolution de problème passe inévitablement par la manipulation de l'espace physique dans lequel le problème est présenté aux participants. Dans chaque cas, la performance des participants est supérieure dans la version interactive de la tâche en comparaison avec la performance dans la version non-interactive. Nous concluons que la nature des processus de résolution de problème dans un environnement dépourvu d'interactivité est différente de la nature des processus mis en jeu lorsque, au contraire, le raisonneur est invité à interagir avec son environnement pour résoudre un problème. Ces données encouragent le développement de nouvelles théories définissant les mécanismes impliqués dans la résolution de problème ancrée dans un environnement favorisant l'interaction.

MOTS-CLÉS : RAISONNEMENT, INTERACTIVITÉ, COGNITION DISTRIBUÉE, INTELLIGENCE

¹Frédéric Vallée-Tourangeau, Department of Psychology, Kingston University, Kingston upon Thames, UK, KT1 2EE, f.vallee-tourangeau@kingston.ac.uk, g.villejoubert@kingston.ac.uk.

ABSTRACT

Naturalising Problem Solving

A striking feature of people engaged in problem solving activities outside the psychologist's laboratory is that it exhibits a great deal of interactivity in a physical space populated with external symbols, artifacts, and, of course, other people. Yet, problem solving researchers often design experimental procedures in which interactivity is either limited or eliminated. We review three traditional areas of problem solving research and introduce new experimental methodologies wherein problems can only be solved by manipulating or restructuring a physical space. In all instances, problem solving is markedly superior than when observed in control two-dimensional non-interactive versions of these tasks. We suggest that the nature of the processes engaged in solving problems in distributed environments is different than in static environments and should encourage cognitive psychologists to revisit the process models elaborated to account for problem solving behaviour.

KEY-WORDS: REASONING, INTERACTIVITY, DISTRIBUTED COGNITION, INTELLIGENCE

En s'adaptant à leur environnement, les humains résolvent des problèmes. Cette activité prend place parmi une vaste panoplie d'artefacts. Comme Kirsh (2009, p. 270) l'énonce, « tous les endroits où nous allons sont saturés d'artefacts ». Il est certain que des artefacts, tels que les calculatrices, les programmes de gestion de données et les ordinateurs, peuvent faciliter des opérations complexes. Mais d'autres, de moindre complexité, tels que le papier et le crayon, peuvent nous aider à articuler et à structurer nos pensées. Et lorsqu'elles sont écrites (sur le dos d'une enveloppe, dans un carnet), ces pensées acquièrent une permanence et une mobilité (Kirsh, 2006 ; Latour, 1986), et peuvent agir comme des artefacts qui soutiennent et guident nos pensées futures. En d'autres termes, les artefacts améliorent à la fois la mémoire prospective et rétrospective, tout en augmentant la mémoire de travail.

Même l'espace est un outil qui peut faciliter la pensée, c'est-à-dire qu'il peut être structuré et conçu (ou reconçu) de façon à rendre la réflexion plus facile (Kirsh, 1995). Ainsi la résolution de puzzles requiert la juxtaposition physique de différentes pièces afin d'évaluer leur compatibilité. Dans le jeu du Scrabble, les lettres sont physiquement réarrangées afin de faciliter la production de mots. Dans le jeu Tetris, les différentes pièces appelées « tetrominos » sont pivotées physiquement afin de déterminer leur position optimale sur une ligne. Et, au-delà des casse-têtes et des jeux, les experts structurent un environnement externe afin de supporter une réflexion rapide et à moindre effort (Kirsh, 1995). Les scientifiques utilisent des objets physiques et leur arrangement dans l'espace pour penser. Ainsi, Watson (1968, pp. 123-125) décrit comment il a débarrassé son bureau, découpé des formes qui correspondaient aux bases atomiques, et les a manipulées jusqu'à ce qu'il *voie* celles qui pourraient être combinées pour relier la double hélice.

Les artefacts utilisés dans la pensée sont riches, variés et modifiables. Leur utilisation est parfois stratégique dans le sens où l'utilisateur s'engage activement dans leur conception et crée leur fonction. À d'autres moments, leur utilisation peut être opportuniste, lorsqu'ils sont sélectionnés dans l'environnement de façon *ad hoc* pour aider à résoudre un problème, en capitalisant sur une interaction fortuite. De plus, les individus cherchent naturellement à changer l'environnement physique pour rendre la pensée plus facile et plus efficace (Kirsh, 1996, 2010). Et pourtant, la majorité des psychologues de la résolution de problème semble avoir choisi d'ignorer le rôle de ces artefacts et de ces stratégies interactives qui métamorphosent l'espace épistémique de la pensée. Ce choix s'explique par un nombre de raisons interconnectées, à la fois théoriques et méthodologiques. Les exigences méthodologiques communément acceptées par les chercheurs en psychologie cognitive imposent un contrôle strict de l'environnement expérimental conçu pour examiner la pensée. De ce fait, il existe de fortes contraintes gouvernant la sélection de la tâche utilisée pour observer le comportement durant la résolution de problème. Ces tâches ont tendance à être bien définies et sont présentées dans un contexte expérimental où les participants peuvent rarement effectuer des changements, soit en réponse

à des instructions ou bien parce que la tâche est présentée sur du papier ou sur un écran d'ordinateur, ce qui n'offre pas aux penseurs la possibilité de manipuler une représentation physique du problème pour trouver une solution. Les participants n'ont quasiment aucune opportunité d'exploiter des *affordances* qui peuvent émerger de façon naturelle en provenance d'objets concrets qui contribuent à la représentation du problème ou bien à métamorphoser la topographie épistémique de leur environnement en le restructurant. Par exemple, la célèbre démonstration de Luchins du phénomène d'*Einstellung* est une tâche papier-crayon et n'implique pas la manipulation de véritables jarres d'eau (cf. Luchins, 1946, et les nombreuses répliques qui ont suivi, cf. McKelvie, 1984). Les modèles de processus de transformation de problèmes, tels que les problèmes de traversée de rivière, sont basés sur des données obtenues soit en utilisant des tâches papier-crayon soit des tâches présentées à l'aide de simples interfaces informatisées qui représentent des bords de rivières schématisés et des objets conçus pour enregistrer les changements d'état, et non pas pour permettre la manipulation (cf. Jeffries, Polson, Razran & Atwood 1977). La recherche de Knoblich, Ohlsson, Haider et Rhenius (1999) sur l'assouplissement des contraintes et la décomposition des *chunks* utilise les problèmes d'algèbre avec des allumettes. Ce type de problèmes offre une plateforme idéale pour évaluer ces concepts. Et pourtant, dans cette procédure expérimentale, les allumettes sont invariablement présentées sur un écran d'ordinateur : les participants ne peuvent pas les manipuler.

Le développement de modèles computationnels (cf. le *General Problem Solver* de Newell & Simon, 1962) fut un important agent catalyseur de la recherche sur la résolution de problème et a contribué à ancrer plus fortement certaines préférences théoriques. Celles-ci s'expriment en identifiant une représentation mentale de l'espace problème ainsi qu'une transformation séquentielle d'états intermédiaires jusqu'à la résolution du problème. Dans l'élaboration de ces modèles de la pensée, le penseur et les artefacts qui l'entourent sont dissociés. Et pourtant, à partir d'une perspective plus ethnographique durant l'observation d'individus dans leur quotidien (cf. Lave, 1988) ou de chercheurs dans un contexte inférentiel plus formel (cf. Giere & Moffat, 2003), l'interactivité avec des artefacts est marquante, voire frappante. Cela laisse supposer que la fameuse méthode scientifique utilisée par les chercheurs en psychologie cognitive retire le penseur de ce réseau naturel, complexe et interactif avec le monde physique, et ce faisant, reflète un curieux contrat cartésien, retirant l'esprit de son corps, décontextualisant la pensée.

La discussion qui suit portera sur trois importants paradigmes de recherche qui ont guidé le développement de la psychologie de la résolution de problème depuis les soixante-dix dernières années. L'examen de la nature de l'approche expérimentale dans ces paradigmes nous amène à proposer une nouvelle approche qui réunit le penseur et le contexte physique dans lequel ses efforts cognitifs sont observés, et ce faisant, l'encourage à manipuler certains aspects de ce contexte afin de modifier la représentation du problème distribuée

entre des ressources mentales internes et externes. Nous rapportons des données préliminaires obtenues avec des expériences qui utilisent cette nouvelle méthodologie. Ces données encouragent le développement de modèles du processus de la résolution de problème qui diffèrent de ceux formulés sur la base de données obtenues avec les paradigmes traditionnels de recherche dans ce domaine. Finalement, dans une dernière section, nous tirons certaines conclusions concernant la sociologie de la psychologie scientifique portant sur la résolution de problème.

LA MÉCANISATION DE LA PENSÉE : LE PHÉNOMÈNE D'*EINSTELLUNG*

Le problème des jarres d'eau introduit par Luchins (1942, 1946, inspiré par Max Wertheimer qui était son directeur de thèse) offre une fenêtre intéressante sur la persévérance (ou la pensée dite « reproductive » dans le sens dans lequel les gestaltistes l'entendent) dans la résolution de problème (voir Bilalić, McLeod & Gobet, 2008, pour un exemple contemporain). Cette persévérance est conditionnée par l'expérience et la familiarité qui favorisent la mécanisation ou encore le durcissement de la pensée, empêchant le penseur de découvrir des solutions plus simples, élégantes et créatives afin de résoudre certains problèmes.

Dans cette procédure développée par Luchins, on présente aux participants une série de problèmes arithmétiques simples visant à obtenir un volume cible d'eau en utilisant trois jarres (A, B, et C) pour y arriver. La figure 1 illustre un problème typique. Les problèmes sont présentés en deux séries, mais cette structure n'est pas communiquée aux participants. La première série est composée de cinq problèmes, les problèmes *set*, qui peuvent être solutionnés en utilisant la formule $B-A-2C$ (illustrée dans la figure 1). Ces problèmes d'entraînement encouragent le développement d'un schéma. La deuxième

1. Obtain exactly 100 units

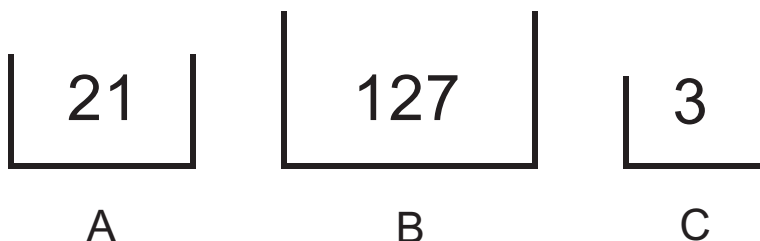


Figure 1.

Un problème de jarres d'eau créé par Luchins (1942). Le but est d'obtenir exactement un volume de 100 unités. Dans ce cas, il est nécessaire de remplir la jarre B, et de la jarre B de remplir la jarre A une fois et la jarre C deux fois ou $B-A-2C$.

série est composée de quatre problèmes dits « critiques » et d'un problème d'« extinction ». Les problèmes critiques peuvent être résolus par la formule B-A-2C ainsi que des formules plus simples comme A-B et A-C. Le problème d'extinction, quant à lui, ne peut être solutionné que par la formule A-C. Son appellation « extinction » témoigne du fait qu'il est présenté en troisième position dans la deuxième série. Luchins était intéressé de voir le taux de persévérance dans l'utilisation de la formule B-A-2C suite à la présentation de ce problème.

Les participants forment deux groupes. Dans un groupe expérimental, les cinq premiers problèmes d'entraînement sont d'abord présentés aux participants, puis on présente la deuxième série de cinq problèmes incluant les problèmes critiques et le problème d'extinction. Dans le groupe contrôle, les participants débutent la tâche avec les problèmes critiques de la deuxième série, sans avoir acquis de schéma durant une première phase d'entraînement. Ces derniers ne démontrent aucune difficulté à découvrir les formules plus simples comme $A + C$ ou A-C pour résoudre les problèmes, sans jamais élaborer une formule plus compliquée comme B-A-2C. À l'inverse, les participants qui ont acquis la formule B-A-2C durant la phase d'entraînement du groupe expérimental, utilisent rarement les formules impliquant de plus simples opérations comme A-C durant la deuxième phase. D'ailleurs, la majorité d'entre eux échoue au problème d'extinction et continue d'utiliser la formule plus compliquée pour résoudre les deux derniers problèmes.

La mécanisation reflète l'influence négative de l'apprentissage pour découvrir des stratégies plus simples, plus efficaces, et moins coûteuses (en termes d'efforts et de temps) afin de résoudre ces problèmes. Façonner un environnement propice à la créativité et à la découverte, tout en réduisant la rigidité de la pensée demeure un défi important pour les psychologues comme pour les pédagogues.

Ces expériences classiques de Luchins ont été répliquées à plusieurs reprises et par différents groupes de chercheurs. L'importance attribuée à ces expériences occulte un aspect crucial de la procédure expérimentale communément employée dans ces démonstrations : Les participants ne manipulent jamais¹ des jarres d'eau : cette démonstration célèbre de la mécanisation de la pensée ne repose ni sur une manipulation concrète ni sur une forme d'interactivité avec un environnement physique pour solutionner le problème. Au contraire, cette manipulation est produite mentalement, le versement et remplissage de jarres sont donc des projections abstraites, transformées en manipulation mentale de chiffres. Le problème des jarres d'eau est donc un casse-tête, un « agace-cerveau », construit pour des esprits sans corps et détachés de leur contexte physique. Paradoxalement, en dehors du laboratoire, les gens résolvent des problèmes

¹ A notre connaissance, il n'existe qu'une exception : Luchins et Luchins (1950). L'expérience rapportée dans ce papier invite les participants à manipuler des jarres d'eau. Cependant par la suite, ils doivent vérifier leur manipulation avec un crayon sur du papier. Le degré de persévérance pour les problèmes critiques était moins élevé, mais, néanmoins, la majorité des participants a continué à appliquer la formule B-A-2C dans la deuxième série de problèmes.

dans un monde débordant d'objets et d'*affordances*. Il semble donc important de revisiter cette expérience classique de Luchins en la contextualisant dans un monde physique, incluant de vraies jarres, de la vraie eau, offrant des indices perceptuels plus riches et invitant un plus grand nombre d'actions pertinentes qui accompagnent et peut-être anticipent les projections mentales. La réalisation physique de cette tâche devrait augmenter le nombre, et changer la nature, des processus impliqués dans son exécution, ajoutant action et vision à l'imagerie et à la projection mentale (Kirsh, 2009). Un environnement plus riche offre plus d'informations qui guident et contraignent l'action : Le contrôle du comportement est distribué d'une manière plus complexe entre des facteurs internes et externes. La mécanisation de la pensée serait alors atténuée par cet enrichissement des ressources associé à une distribution interne-externe du contrôle du comportement.

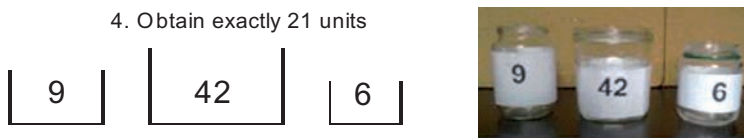


Figure 2.

Le quatrième problème dans la procédure originale de Luchins. Le but est d'obtenir 21 unités de volume. La partie gauche représente comment le problème est présenté aux participants dans le groupe papier. La partie droite montre les trois « jarres » présentées aux participants dans le groupe interactif. Dans ce groupe, la passation se faisait devant un évier au-dessus duquel les participants versaient et déversaient de l'eau d'une jarre à l'autre.

Nous avons donc refait l'expérience de Luchins (1942) en utilisant les problèmes originaux (5 problèmes d'entraînement, ensuite 4 problèmes critiques et un problème d'extinction). Soixante participants, étudiants universitaires, ont été recrutés², 30 dans un groupe papier-crayon et 30 dans un groupe testé dans un laboratoire avec évier, robinet et 10 ensembles de « jarres » (des pots de verre de différentes tailles ; voir la figure 3). Les participants dans les deux groupes ont découvert la formule B-A-2C avec facilité : la moyenne d'utilisation était de 95 % (cf. la partie gauche de la figure 3). Le degré de mécanisation est représenté par le pourcentage d'utilisation de cette règle pour les cinq derniers problèmes (cf. la partie droite de la figure 3). Les participants dans le groupe interactif ont beaucoup moins persévéré ; par contre la majorité de leurs solutions prenait la forme A + C ou A-C. Les participants dans le groupe papier-crayon ont continué à utiliser la formule B-A-2C dans 86 % des problèmes. Dans une analyse de variance mixte 2x2, l'effet groupe est significatif ($F(1,51) = 10,39$,

² Nous tenons à remercier Gemma Euden pour la préparation du matériel, ainsi que pour son travail de recrutement et de gestion des participants. Sept participants n'ont pas complété tous les problèmes, 5 dans le groupe papier-crayon et 2 dans le group interactif.

$p < 0,01$), confirmant que les participants dans le groupe papier-crayon sont plus portés à utiliser la formule B-A-2C durant les deux blocs de problèmes. L'effet bloc de problèmes est aussi significatif ($F(1,51) = 41,18, p < 0,001$), indiquant une réduction de l'utilisation de la formule B-A-2C durant les cinq derniers problèmes. De façon plus importante, l'interaction est aussi significative ($F(1,51) = 18,03, p < 0,001$), confirmant que les participants dans le groupe interactif ont abandonné plus rapidement la formule B-A-2C durant le deuxième bloc de problèmes. En ce qui concerne le taux de résolution du problème d'extinction, le 8^e problème, une plus haute proportion de participants a réussi à résoudre ce problème (avec la formule A-C) dans le groupe interactif que dans le groupe papier-crayon ($\chi^2(1, N = 53) = 4,14, p < 0,05$).

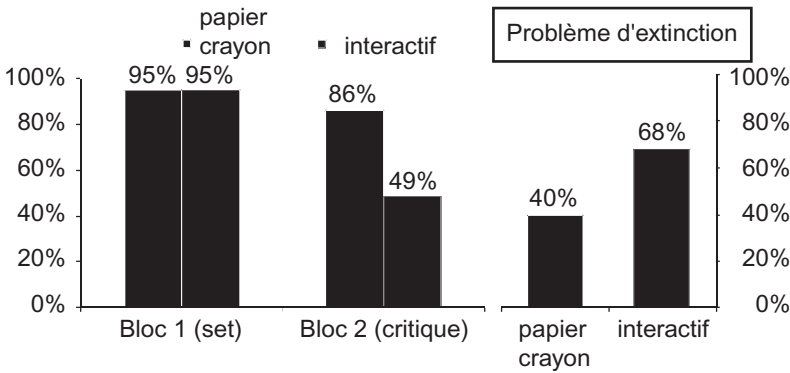


Figure 3.

Pourcentage moyen de l'utilisation de la formule B-A-2C pour les cinq premiers problèmes d'entraînement (les problèmes « set ») et pour quatre des cinq prochains problèmes (les problèmes « critiques ») dans le groupe papier-crayon et le groupe interactif (partie gauche de la figure). Pourcentage de solution du 8e problème, le problème d'extinction qui ne peut être résolu que par la formule A-C.

La mécanisation de la pensée observée dans les expériences utilisant la procédure originale de Luchins est un phénomène bien établi. Nos participants complétant la tâche sur papier ont continué à utiliser la formule plus compliquée pour une série de problèmes où une formule plus simple pouvait être employée. La majorité de ces participants a été incapable de résoudre un problème où seule la formule simple permettait de trouver une solution. La transition entre les cinq problèmes d'entraînement pour lesquels la formule complexe B-A-2C s'applique et les cinq derniers problèmes pour lesquels une nouvelle façon de résoudre les problèmes est possible n'est pas signalée de façon explicite. Les cinq derniers problèmes sont familiers, une certaine routine s'installe possiblement, le schéma développé durant les premiers problèmes est activé et appliqué aux cinq derniers problèmes. L'attention et les ressources cognitives sont guidées par ce schéma, et les aspects des problèmes présentés en deuxième partie de la tâche renforcent l'application de ce schéma, et par conséquent son contrôle sur le comportement

(Bilalić *et al.*, 2008). Dans le groupe interactif, pour lequel la tâche était ancrée dans un contexte physique qui pouvait être manipulé, les affordances des jarres semblent avoir attiré l'attention et guidé l'action. La pensée des participants n'était plus uniquement contrôlée par leur représentation mentale de la tâche. Placés dans un contexte plus naturel, ils sont aisément parvenus à trouver la solution la plus simple et donc la plus efficace.

PROBLÈMES DE TRANSFORMATION : TRAVERSÉE DE RIVIÈRE

Les problèmes de transformation ont fait l'objet de nombreuses recherches en psychologie cognitive depuis les cinquante dernières années (*cf.* Greeno, 1978, pour une revue de la littérature datée mais néanmoins informative). Dans ces problèmes, un espace formel bien défini joint l'état de départ à l'état d'arrivée. Les transitions légales entre états sont définies en termes de simples règles et produites par certains opérateurs. Les participants doivent atteindre le but en transformant l'état initial par une série d'états intermédiaires. Les tours de Hanoi, créées par le mathématicien Édouard Lucas au XIX^e siècle (Allardice & Fraser, 1883), en sont un exemple classique. Dans ce problème, les participants doivent déplacer des disques d'une tour de départ à une tour d'arrivée, en respectant certaines règles, comme un disque au diamètre plus grand ne peut être déplacé sur un disque au diamètre plus petit.

Les problèmes de traversée de rivière³ représentent une autre catégorie de problèmes de transformation. Le but dans ces problèmes est de transporter un groupe d'objets (des gens, des animaux, ou des choses) d'une rive à une autre. Le nombre d'objets par traversée ainsi que la nature des objets laissés sur une ou l'autre rive sont le sujet de certaines règles et contraintes, identifiant un espace problème d'états intermédiaires reliant l'état de départ (tous les objets sur une rive) et le but (tous les objets sur l'autre rive).

Une version populaire de ce problème implique trois missionnaires et trois cannibales (Reed, Ernst & Banerji, 1974 ; ou trois hobbits et trois orques, Thomas, 1974). Le transport des missionnaires et des cannibales doit s'effectuer d'une manière où les cannibales ne doivent jamais être plus nombreux que les missionnaires sur une rive et une traversée doit inclure au moins un de ces personnage, et au plus deux. L'espace problème est assez étroit de part le fait qu'une traversée illégale, ou une composition illégale sur une ou l'autre rive force le participant à refaire la traversée. Onze traversées sont nécessaires pour résoudre le problème. Il existe plusieurs versions isomorphiques (hobbits et orques) et homomorphiques (maris jaloux et femmes) de ce problème, des versions plus simples nécessitant sept traversées comme le dilemme du fermier (Wickelgren, 1974) ainsi que des versions plus compliquées impliquant cinq missionnaires et cinq cannibales (Simon & Reed, 1976).

³ Ces problèmes sont d'origine du IX^e siècle (Pressman & Singmaster, 1989).

Les chercheurs ont utilisé cette tâche comme une fenêtre représentative sur la résolution de problème, particulièrement sur le processus de planification (Greeno, 1976), d'identification et de sélection des traversées (Reed *et al.*, 1974 ; Simon & Reed, 1976). Ces problèmes sont aussi présentés comme une plateforme pour évaluer des modèles de recherche et de sélection, fortement influencés par les développements en intelligence artificielle. De plus, étant donné le grand nombre de versions isomorphiques et homomorphiques, les problèmes de traversée sont aussi employés pour examiner le transfert de l'apprentissage d'un problème à un autre (Reed *et al.*, 1974). Il est intéressant de noter que cette recherche sur le transfert analogique démontre que les participants adultes n'acquièrent qu'un bénéfice marginal lorsqu'ils travaillent sur un problème de traversée après en avoir complété un premier semblable. Par contre, un programme de recherche avec des enfants utilisant des problèmes de traversée plus simples (comme le dilemme du fermier) démontre un transfert important entre versions isomorphiques (Gholson, Dattel, Morgan & Eymard, 1989 ; Gholson, Eymard, Morgan & Kamhi, 1987). Nous reviendrons sur ce paradoxe.

Examinons plus précisément la procédure expérimentale employée dans la recherche portant sur les problèmes de traversée. Les expériences rapportées par Jeffries et ses collègues qui sont à la base d'un modèle du processus de solution pour ces problèmes offrent un très bon exemple. Le problème de traversée est présenté sur ordinateur avec une interface assez primitive où les participants enregistrent sur le clavier leur choix d'objets pour la traversée en tapant la lettre correspondant à ces objets pour les mettre sur le « bateau ». Le logiciel place ainsi des symboles correspondant à ces objets sur l'autre rive, démontrant la traversée. Les participants enregistrent leur choix et produisent des traversées jusqu'à ce qu'ils arrivent au but. Comme c'est le cas pour les jarres d'eau de Luchins, le problème décrit des objets et des mouvements, suggérant une certaine forme d'interactivité, mais cependant ces aspects physiques et interactifs sont éliminés dans l'opérationnalisation de la tâche expérimentale. Il est intéressant de noter les résultats paradoxaux sur l'apprentissage analogique rapportés par Gholson et ses collègues. Ces chercheurs s'efforcent d'offrir un contexte très concret et interactif avec les enfants : les scénarios et objets utilisés dans les problèmes de traversée sont représentés sur une plateforme où est dessinée une rivière et avec laquelle les enfants peuvent jouer avec un bateau et des figurines qui représentent les acteurs dans le problème. Les chercheurs en psychologie développementale semblent donc être plus sensibles à l'importance de la représentation distribuée ! Au vu des résultats obtenus avec la version interactive de la tâche de Luchins, on peut s'interroger sur l'effet d'un tel niveau d'interactivité avec une tâche de transformation chez les sujets adultes.

C'est donc en nous basant sur la façon dont Gholson et ses collègues effectuent leur recherche que nous avons développé une version concrète et interactive des problèmes de traversée pour examiner la performance des

participants adultes dans ces problèmes. Nous⁴ avons planifié une expérience simple qui combinait la modalité de présentation (papier-crayon ou interactive) avec la complexité du problème (7 traversées ou 11 traversées), correspondant à 4 groupes. Quarante-huit étudiants universitaires ont été recrutés, 12 pour chaque groupe.

Dans la version papier-crayon, les participants avaient une feuille réponse avec des paires de lignes de 3 cm qui représentaient les rives ainsi qu'un rectangle entre les rives représentant le bateau. Ils inscrivaient leur choix de traversée dans le rectangle. Il est à noter que cette procédure fournissait un historique des choix de traversées, et donc une mémoire externe des traversées précédentes, un facteur important dans un modèle du processus de résolution de ce problème (Jeffries *et al.*, 1977). Dans la version interactive, des objets représentant les acteurs dans les traversées ainsi qu'un petit radeau sur une pièce de carton sur lequel était peints une rivière et deux rives furent présentés aux participants (*cf.* figure 4). Pour résoudre le problème, les participants manipulaient les objets en les plaçant sur le radeau pour les traverser.



Figure 4.

Le matériel employé dans le problème de traversée de rivière.

⁴ Nous tenons à remercier Natasha Parvess pour son aide dans cette expérience. Le problème de sept traversées était le dilemme du fermier et le problème de onze traversées était un problème analogue de la version missionnaire-cannibale, impliquant des loups et des poules.

Le nombre moyen de traversées ainsi que le temps moyen (en secondes) pour résoudre le problème dans les 4 groupes sont illustrés dans la figure 5. De façon générale les participants ont utilisé moins de traversées pour résoudre les problèmes simples que les problèmes complexes. Cependant, un avantage certain semble être observé dans les groupes interactifs : ces participants utilisent moins de traversées et sont plus rapides à arriver au but que ceux dans les groupes papier-crayon. Dans l'analyse de variance 2x2 sur le nombre de traversées, l'effet de groupe est significatif ($F(1, 44) = 4,13, p < 0,05$), ainsi que l'effet du type de problèmes ($F(1, 44) = 59,8, p < 0,001$) ; l'interaction quant à elle, n'est pas significative ($F < 1$). Dans la même analyse pour le temps pris pour résoudre le problème, l'effet de groupe est significatif ($F(1, 44) = 20,75, p < 0,001$), ainsi que l'effet du type de problèmes ($F(1, 44) = 14,71, p < 0,001$), mais pas l'interaction groupe-type de problème ($F < 1$). Donc, la version interactive des problèmes de traversées encourage des solutions plus rapides, nécessitant moins de traversées, que la version papier-crayon des mêmes problèmes.

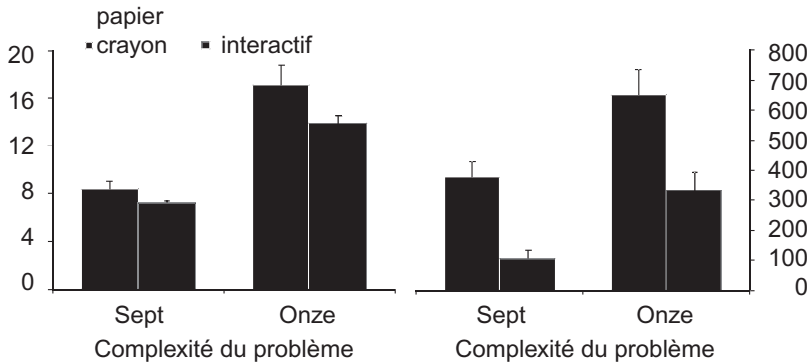


Figure 5.

Nombre de traversées moyen (partie gauche) et temps de solution (en secondes, partie droite) dans les deux formes de traversée de rivière (7 traversées ou 11 traversées) et dans les deux groupes (barres d'erreurs : erreur standard de la moyenne).

Nous n'avons pas mesuré les séquences exactes de traversée, et donc nous ne sommes pas en mesure de comparer les stratégies d'exécution entre la version papier-crayon et la version interactive. Cependant, les différences significatives de performance suggèrent que ces deux versions de la tâche recrutent différents processus et différentes habiletés. Nous avons mesuré l'habileté de nos participants à compléter des courtes séries de problèmes d'analogie verbale et visuospatiale, utilisant le matériel présenté par Sternberg, Kaufman et Gigorenko (2008). Nous étions donc en position d'établir les corrélations entre la performance pour ces problèmes d'analogies avec la performance pour les problèmes de traversée de rivière. Nous avons choisi les problèmes d'analogies parce que ceux-ci impliquent des habiletés de fonction exécutive (Geake & Hensen, 2010) qui sont vraisemblablement impliquées dans la planification et la sélection de traversée. Ces corrélations sont illustrées dans la

figure 6 (ces corrélations ne concernent que les problèmes de 11 traversées : ceux de 7 traversées n'exhibaient pas assez de variance). La performance mesurée en nombre moyen de traversées et de temps est corrélée de façon négative avec le nombre d'analogies verbales et visuospatiales correctement complétées, mais seulement pour les participants dans le groupe papier-crayon (cf. figure 6). Ces corrélations négatives restent modestes en raison de la taille de l'échantillon ($n = 12$ par groupe). Cependant, ces corrélations démontrent l'implication de certaines fonctions exécutives dans la performance de la tâche dans la version papier-crayon. Pour les participants dans le groupe interactif, les corrélations ne sont plus négatives : la performance pour les problèmes d'analogies n'est plus corrélée aux nombres de traversées ou au temps de résolution. Non seulement les participants dans le groupe interactif ont pu résoudre les problèmes de traversées plus rapidement et en moins de traversées, mais il semble également que des mécanismes cognitifs différents aient été la cause de cette performance améliorée.

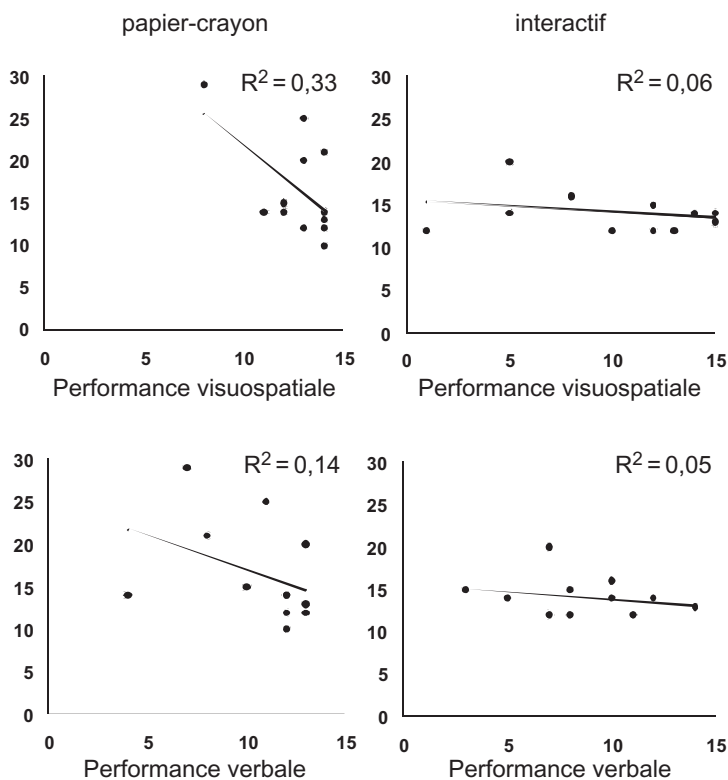


Figure 6.

Corrélations entre la performance pour des tests de raisonnement analogique visuospatiale et verbale et le nombre de traversées pour résoudre les problèmes.

Le raisonnement est une activité soumise à des contraintes de ressources internes, comme la capacité des fonctions exécutives et la mémoire de travail (Stanovich & West, 2000). Lorsque la cognition est distribuée, ces ressources sont en partie extraites de l'environnement physique et sont configurées dans une stratégie systémique de computation (Kirsh, 1993). Lorsqu'un agent est contraint par des limites cognitives internes, il est naturel pour lui de recruter des ressources externes pour faciliter le défi computationnel. Du coup, l'interaction avec l'environnement et l'exploitation de ressources externes permettent au raisonnement d'être moins limité par les contraintes internes. L'expérience rapportée ici sur les traversées de rivière démontre que non seulement la performance est remarquablement différente dans une condition interactive que dans une condition papier-crayon, mais que celle-ci est le produit d'un mécanisme différent dans les deux conditions. Ces résultats forcent donc à repenser non seulement les modèles du traitement de l'information qui sous-tendent cette performance mais aussi la nature des interventions à utiliser pour améliorer la performance.

L'INSIGHT

Les problèmes de traversée de rivière sont structurés en terme d'un espace problème défini d'une façon exacte, et où les transitions d'un état intermédiaire à un autre jusqu'à l'arrivée au but sont le résultat de mouvements légaux dans cet espace. Les problèmes d'insight sont différents parce que l'état final, le but ou la résolution du problème, n'est pas envisageable au départ. Avec des problèmes d'insight, les agents, au départ, se retrouvent dans une impasse, de laquelle plusieurs ne sortent jamais. Cette impasse est le résultat d'une représentation du problème basée sur de fausses prémisses, qui sont elles-mêmes encouragées par la manière donc le problème est présenté aux participants (Segal, 2004). Se sortir de cette impasse nécessite une restructuration de la représentation du problème qui implique ou bien une nouvelle interprétation des relations entre les éléments de la représentation ou bien une reclassification de ces éléments (ces deux processus ne sont pas indépendants). Cette perspective représentationnelle trouve son origine dans la psychologie Gestalt (*cf.* Weitheimer, 1959) et est reformulée en termes de traitement de l'information dans une série de papiers par Ohlsson (1984, 1992).

La représentation initiale du problème est basée sur la façon dont le participant configure les éléments perceptuels (appelés « *chunks* perceptuels ») qui composent le problème ainsi que sur la compréhension du problème, qui elle-même reflète des connaissances et de l'expertise encodées dans la mémoire à long terme. Ces processus guident la façon dont le problème est envisagé, mais peuvent aussi contraindre la nature des stratégies qui sont appliquées pour résoudre le problème.

L'impasse peut être résolue en assouplissant certaines suppositions qui motivent la représentation initiale du problème. Un exemple classique de ce phénomène est illustré par le problème des 9 points de Sheerer (1963 ; *cf.* figure 7). La tâche consiste à tracer 4 lignes continues, sans lever le crayon du papier et en

rejoignant tous les 9 points. La configuration perceptuelle encourage l'imposition implicite d'un périmètre invisible qui contraint le mouvement du crayon. L'insight est réalisé pour ce problème quand cette supposition est assouplie, encourageant le penseur à tracer des lignes excédant ce périmètre invisible.

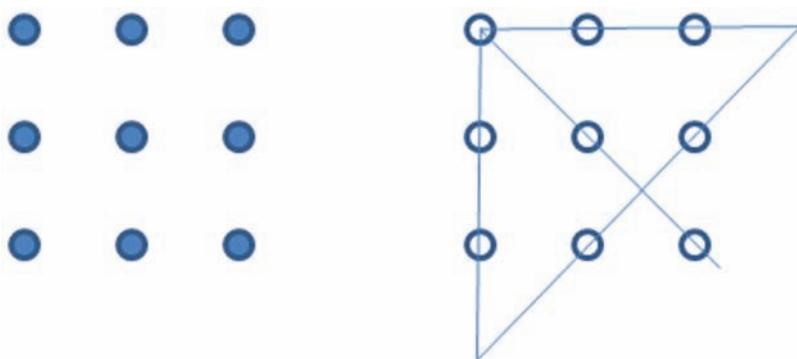


Figure 7.

Le problème des neuf points de Sheerer (1963).

Un exemple classique de Max Wertheimer illustre l'importance des *chunks* perceptuels, c'est-à-dire des principes de la perception qui gouvernent le regroupement de l'information visuelle en segments qui configurent une certaine représentation (cf. figure 8). Dans ce problème, le penseur doit calculer l'aire de la figure composée d'un carré et d'un parallélogramme. Cette représentation perceptuelle initiale spécifie certains opérateurs (par ex. la formule pour calculer l'aire d'un parallélogramme) qui doivent être extraits de la mémoire à long terme si bien sûr ils s'y trouvent. Cependant, il est possible qu'à partir de cette segmentation de l'information visuelle, le penseur soit simplement incapable de récupérer un ou des opérateurs pertinents pour solutionner le problème (parce qu'il en est ignorant ou pour une faute d'accès) et donc se trouve dans une impasse. Dès lors, le penseur peut ressentir le besoin d'essayer de restructurer cette représentation visuelle, par des processus de décomposition et de recomposition. Et par ces processus, il peut alors réaliser que la configuration carré-parallélogramme peut se décomposer en deux triangles. Ces

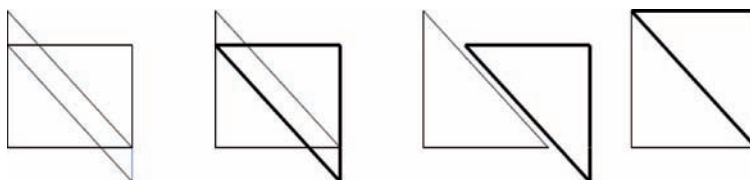


Figure 8.

Le problème créé par Max Wertheimer (Ohlsson, 1984) : Déterminer l'aire des deux figures, un carré et un parallélogramme.

nouveaux *chunks* perceptuels forment une nouvelle représentation qui encourage l'identification de nouveaux opérateurs qui peuvent peut-être plus facilement mener à la solution du problème. Cette nouvelle représentation peut même encourager un autre arrangement des triangles, cette fois-ci en formant un rectangle, et ce changement de représentation identifie des opérateurs encore plus simples pour résoudre le problème.

Ces deux mécanismes, l'assouplissement des contraintes et la décomposition des *chunks* perceptuels, contribuent au processus de restructuration de la représentation du problème, une étape nécessaire pour résoudre l'impasse et solutionner le problème. Knoblich et ses collègues (1999), dans une série élégante d'expériences utilisant des problèmes d'algèbre d'allumettes, ont exploré le rôle de ces mécanismes dans la résolution de problèmes de type insight. Un problème d'algèbre d'allumettes est une fausse équation composée de chiffres romains formés par des allumettes. Le problème est résolu en déplaçant une allumette pour rendre l'équation vraie. Par exemple,

$$VI = VII + I$$

est une équation fautive qui peut être transformée en une équation vraie en bougeant une allumette du chiffre « 7 » à la droite de l'égalité et en la replaçant à la gauche du « 6 » pour le transformer en « 7 » :

$$VII = VI + I$$

Knoblich et ses collègues ont développé trois types de fausses équations dont la solution nécessitait l'assouplissement d'une contrainte d'envergure différente (cf. tableau 1). Les problèmes de type A sont résolus en assouplissant la contrainte qu'un chiffre ne peut être décomposé. Ceux du type B nécessitent le changement d'un opérateur et d'un chiffre, une contrainte d'envergure plus grande. Finalement, les problèmes de type C impliquent l'assouplissement de la contrainte démontrant une envergure plus générale qui gouverne un important aspect de la communication, celui d'éviter de communiquer en termes de tautologies. Pour résoudre les problèmes de type C, les participants doivent accepter qu'une équation puisse exprimer une tautologie. Knoblich et ses collègues formulent la prédiction que le taux de solution de ces problèmes est prédit par l'envergure de la contrainte. Donc le taux de solution pour les problèmes de type A devrait être plus élevé que le taux de solution pour les problèmes de type B, qui devrait être lui-même plus élevé que le taux de solution pour les problèmes de type C. Les résultats obtenus par Knoblich et ses collègues confirment ces prédictions.

Le rôle de la décomposition des *chunks* perceptuels quant à lui fut examiné avec la création des problèmes du type D. Ceux-ci sont des problèmes de type A mais impliquant des *chunks* perceptuels plus complexes et plus difficiles à décomposer (cf. tableau 1). D'après ces auteurs, le taux de succès pour les

Tableau 1.

Les quatre types de problèmes d'algèbre développés par Knoblich, Ohlsson, Haider et Rhenius (1999). La résolution des problèmes de type A, B, et C nécessite l'assouplissement de contraintes alors que la solution du problème de type D nécessite la décomposition d'un chunk perceptuel complexe.

Type	Equation	Solution
A	$VI = VII + I$	$VII = VI + I$
B	$I = II + II$	$I = III - II$
C	$III = III + III$	$III = III = III$
D	$XI = III + III$	$VI = III + III$

problèmes de type D devrait être moins élevé que le taux de succès pour les problèmes de type A, une prédiction à nouveau confirmée par leurs observations. Notons toutefois que ces auteurs n'ont par formulé de prédiction quant au taux de résolution pour les problèmes de type D comparé au taux de résolution pour les problèmes de type B et C.

L'algèbre d'allumettes interactif. Un aspect notable de la procédure expérimentale de Knoblich et de ses collègues est le suivant : Les participants ne peuvent jamais manipuler les allumettes. Les problèmes sont présentés sur écran d'ordinateur, et les participants annoncent leur choix, noté par l'expérimentateur. Dans un contexte interactif trois-dimensionnel hors laboratoire, des allumettes peuvent être manipulées. Nous nous sommes donc posé une question très simple : Quel serait le taux de succès pour les problèmes des quatre types si les participants pouvaient manipuler les allumettes ?

Notre matériel consistait en une surface magnétique (27 cm x 23 cm) sur laquelle les participants créaient et modifiaient des équations avec des chiffres romains en utilisant des bâtonnets magnétiques (5 cm x 4 cm)⁵. Comme dans la première expérience de Knoblich *et al.* (1999), les problèmes présentés aux participants consistaient en quatre versions de type A, quatre de type B, deux de type C et D, pour un total de 12 problèmes. Un échantillon de 50 participants fut recruté sur le campus de l'université de Kingston⁶. Ces participants furent distribués de façon aléatoire dans deux groupes, un groupe contrôle dans lequel les problèmes furent présentés comme un exercice sur papier et un groupe interactif dans lequel ils manipulaient les bâtonnets magnétiques. Dans les deux groupes, les problèmes étaient présentés dans un cahier, un problème par page. Dans le groupe contrôle, les participants annonçaient leur réponse à

⁵ Nous tenons à remercier Susan Cook pour sa contribution au développement du matériel utilisé dans cette expérience.

⁶ Nous tenons à remercier Anna Weller pour le recrutement et la passation des participants.

l'expérimentateur, alors que dans le groupe interactif, les participants devaient recréer la fausse équation et par la suite la modifier pour la rendre vraie en manipulant les bâtonnets.

Les taux moyens de résolution pour les quatre types de problèmes dans les deux groupes de participants sont illustrés dans la figure 9. Les taux relatifs observés dans le groupe papier furent exactement comme ceux observés dans la première expérience de Knoblich *et al.* (1999). Cependant, dans le groupe interactif, les taux relatifs étaient tout à fait différents, sauf pour les problèmes de type C. C'est-à-dire, dans ce groupe le taux moyen de résolution était semblable pour les problèmes de types A, B et D, mais plus élevé que les problèmes de type C.

Une analyse de variance mixte 4 (types de problème) x 2 groupes révèle que l'effet du problème type est significatif ($F(3, 144), p < 0,001$), ainsi que l'effet de groupe ($F(1, 48) = 5,06, p = 0,029$) et l'interaction entre ses deux facteurs ($F(3, 144) = 5,03, p < 0,01$). Une série de tests *post hoc* (utilisant un critère de correction Bonferroni) dévoile que dans le groupe papier, le taux moyen de résolution pour les problèmes de type A est plus élevé que celui pour les problèmes de type B ($p < 0,001$), et que le taux moyen de résolution est plus élevé pour les problèmes de type B que celui pour les problèmes de type C ($p < 0,001$) ; et finalement que le taux moyen de résolution pour les problèmes de type A est plus élevé que le taux moyen de résolution pour les problèmes de type D ($p < 0,001$). En ce qui

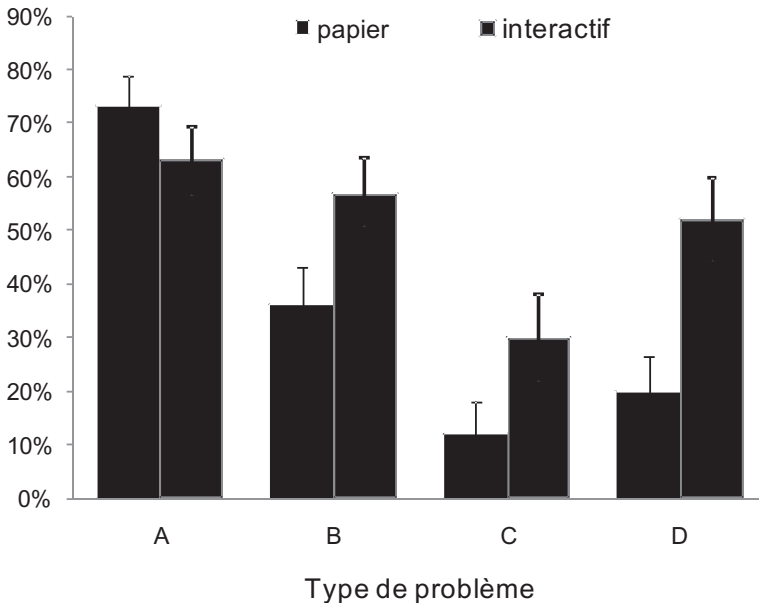


Figure 9.

Taux moyen de réussite pour les problèmes de type A, B, C et D dans les deux groupes (papier, interactif). Barres d'erreurs : erreur standard de la moyenne.

est pour le groupe interactif, les taux moyens de résolution pour les problèmes de type A et B ($p = 0,31$) et pour les problèmes de type A et D ($p = 0,49$) ne sont pas différents ; cependant ils le sont entre les problèmes de type B et C ($p < 0,01$). *Prédicteurs des taux de résolution.* Dans cette expérience, nous avons aussi mesuré certaines dimensions psychométriques dont le quotient intellectuel mesuré par le *National Adult Reading Test* (NART) qui est très fortement corrélé avec la mesure du QI utilisant le *Wechsler Adult Intelligence Scale*, ainsi que par le test Beta III, qui est un test non verbal mesurant les habiletés visuospatiales. De plus, tous les participants ont complété un court test d'algèbre. Dans le groupe papier, le taux moyen de succès pour tous les problèmes est corrélé de façon significative avec la performance observée dans le simple test d'algèbre ($r(48) = 0,51, p < 0,01$), ainsi qu'avec la mesure de QI par le NART ($r(48) = 0,45, p < 0,05$). Cependant, la performance dans le groupe interactif n'est corrélée ni avec ces mesures d'habileté d'algèbre ($r(48) = 0,26, p > 0,05$), ni avec le QI mesuré par le NART ($r(48) = 0,23, p > 0,05$). Par contre, la performance des participants dans le groupe interactif est corrélée de façon significative avec le QI visuospatial mesuré avec le Beta III ($r(48) = 0,46, p < 0,05$), alors que cette corrélation n'est pas significative dans le groupe papier ($r(48) = 0,37, p > 0,05$).

Ces patterns de corrélations sont très importants et offrent une fenêtre sur la cognition distribuée et la stratégie systémique de computation (Kirsh, 1993) observées dans les deux groupes de participants. Pour les participants qui ne pouvaient pas interagir avec les chiffres romains et les opérateurs, leur taux de résolution est prédit par leur habileté en algèbre ainsi que par une mesure d'intelligence générale, mais non par une mesure de leurs habiletés visuospatiales. L'absence d'interactivité force le penseur à simuler mentalement les mouvements de bâtonnets ; ces simulations reflètent des connaissances d'algèbre, un niveau de capacité de mémoire de travail, ainsi que des fonctions exécutives. Ces simulations mentales sont confrontées par un feedback perceptuel invariant représentant la fausse expression algébrique ; les projections mentales ne peuvent pas être externalisées, créer de nouvelles structures, un feedback perceptuel différent, et offrir une plateforme motivant de nouvelles projections. Le cycle proposé par Kirsh (2009) de projection-crétion-projection au cœur de l'effort durant la résolution de problème ne peut pas se réaliser de façon concrète et interactive. Et c'est exactement ce que les participants pouvaient utiliser dans le groupe interactif : c'est pour cette raison que le seul prédicteur des taux de résolutions dans ce groupe était la performance dans un test d'habiletés visuospatiales.

L'INTERACTIVITÉ

Le but des nouvelles expériences présentées ici était de réunir les penseurs et les objets dans leur environnement physique immédiat. Les problèmes de jarres d'eau, de traversées de rivière, ainsi que d'algèbre d'allumettes sont bien sûr des problèmes artificiels, loin des problèmes confrontés dans l'état naturel. Cependant la méthodologie interactive développée pour ces tâches offre une bien meilleure approximation de la façon dont les gens pensent à l'extérieur

du laboratoire du psychologue cognitif. Il est important de souligner que le but de ces expériences n'était pas de questionner les théories de résolution de problèmes et d'insight qui ont motivé ces démonstrations dans la première instance. Les notions gestaltistes de mécanisation et de pensée reproductive représentent des contributions importantes dans la psychologie du raisonnement, des notions qui motivent des efforts récents de recherche (*cf.* Bilalic *et al.*, 2008). La recherche sur la sélection d'opérateurs et de mouvement dans un espace problème exacte définit un paradigme de recherche très productif, qui a, entre autres choses, inspiré le développement de la modélisation informatique du processus de résolution de problème. Finalement, il est impossible de sous-estimer l'importance de la théorie du changement de représentation dans la résolution de problème d'insight développée par Ohlsson dans les trente dernières années.

Cela étant, les données présentées ici soulignent l'importance d'examiner ces théories et modèles avec des procédures expérimentales qui encouragent la construction de représentations distribuées et avec lesquelles les stratégies systémiques de computation sont observées. Des représentations distribuées du problème engagent des processus cognitifs recrutant des ressources internes et externes. Le contrôle de la pensée et du comportement est aussi distribué entre des facteurs internes et externes. La réduction significative de la mécanisation de la pensée dans la version interactive des jarres d'eau indique que des aspects perceptuels et moteurs réduisent le contrôle du schéma développé durant la phase d'entraînement. Cette réduction de la mécanisation suggère qu'un modèle du processus de la pensée différent opère dans la version interactive de la tâche. Les résultats des analyses corrélationnelles dans les tâches de traversées de rivière et les problèmes d'algèbre d'allumettes démontrent que les formes interactives de ces tâches ne représentent pas simplement un effort de concrétisation et que les effets obtenus ne mesurent pas uniquement l'impact de la concrétisation dans la résolution de problème. C'est plutôt l'interactivité, associée à ce niveau de concrétisation, qui engage différents processus cognitifs, perceptuels et moteurs.

La psychologie de la résolution de problème se retrouve donc à un carrefour. Elle peut continuer à élaborer des modèles du traitement de l'information en se basant sur des données observées avec des tâches à deux dimensions et non interactives, renforcées par l'évidence provenant de la neuroimagerie (*cf.* Geake & Hansen, 2010) ; ou bien elle peut changer de direction, en développant des environnements en laboratoire qui sont plus représentatifs de la résolution de problème située et interactive observée à l'extérieur du laboratoire. Bien sûr, des procédures qui encouragent l'interaction engendrent une multiplication des variables qui peuvent influencer le raisonnement, qui sont plus ou moins bien contrôlées et plus ou moins bien mesurées. Ces procédures offrent un nouveau *spectrum* de données, plus riche, mais aussi représentant un défi d'interprétation et de modélisation.

L'interactivité et la nature distribuée des processus de la pensée remettent en question l'importance accordée à la neuroimagerie d'un point de vue théorique et

pratique. La résolution spatiale impressionnante offerte par certaines techniques de neuroimagerie est basée sur l'immobilité du sujet qui ne peut pas interagir avec son environnement.

Les enjeux qui gouvernent le développement de la recherche sur la résolution de problème reflètent en partie des facteurs plus sociologiques que théoriques. Les données obtenues depuis les soixante-dix dernières années le sont en majeure partie par l'intermédiaire de contextes expérimentaux à deux dimensions et non interactifs. Ces décisions méthodologiques sont rarement remises en question. De plus ces données traditionnelles représentent la base empirique canonique à partir de laquelle des modèles du traitement de l'information dans la résolution de problème sont élaborés. Cette orthodoxie empirique est aussi reflétée dans les manuels universitaires qui forment de nouvelles générations de chercheurs. Les nouvelles données présentées ici questionnent cette orthodoxie méthodologique et empirique, invitant les chercheurs à repenser la façon dont la résolution de problème est examinée dans le laboratoire ainsi que les modèles des processus qui expliquent le comportement créatif.

CONCLUSION

Il est important de noter que la conception distribuée de la cognition proposée dans cet article ne se confond pas, sans pour autant être antagoniste, avec une conception de la cognition comme étant façonnée par les règles qui gouvernent les interactions sociales et conversationnelles entre l'expérimentateur et le participant (Hilton, 1995).

Alors que ces deux approches rejettent le postulat que l'épicentre de l'activité cognitive se situe à un niveau intrapsychique, l'approche de la cognition distribuée évoquée dans le présent article propose de resituer l'étude de l'activité cognitive du sujet pensant au niveau de son interaction avec son environnement matériel. Par ailleurs, l'étude de la cognition distribuée, au sens ainsi défini, ne saura être réduite à « une mise en contexte » ou à une « concrétisation » de la tâche. Chez l'adulte, la mise en contexte consiste à utiliser des référents concrets qui ne sont pour autant instanciés dans le monde matériel. On pensera, par exemple, aux manipulations permettant de rendre la tâche de sélection de Wason (1966) plus réaliste en demandant aux sujets de tester la règle « Si je conduis une voiture alors je porte une ceinture de sécurité » (Manktelow & Over, 1991) ou bien « Si je mange des macaronis alors je ne bois pas de champagne » (Manktelow & Evans, 1979) au lieu de la règle classique abstraite « S'il y a un D sur un côté de carte alors il y a un 3 de l'autre côté ». Si la concrétisation améliore la performance dans le premier cas, elle n'a aucun effet dans le second. Chez l'enfant, on pensera à l'exemple classique de la mise en contexte par Mehler et Bever (1967) qui ont mis en évidence une amélioration notable de la performance à une tâche classique de conservation lorsque l'on présentait deux rangées de M & M's aux enfants avec la consigne de « choisir la rangée qu'ils souhaitent manger et manger tous les M & M's dans cette rangée » plutôt que d'indiquer verbalement laquelle parmi

deux rangées de pastilles en argile contenait « plus » de pastilles. À l'inverse des tâches utilisées avec les adultes, les tâches utilisées avec les enfants sont, par nécessité, instanciées dans le monde matériel. On ne demande pas aux enfants *d'imaginer* les pastilles ou bien les M & M's. Pour autant, dans ces deux exemples, les adultes comme les enfants n'ont pas l'occasion d'interagir avec la tâche avant de formuler leur réponse. En ce sens, ces manipulations ne peuvent informer notre compréhension de la façon dont l'interaction du sujet pensant avec son environnement matériel va transformer son activité cognitive.

On peut alors se demander si les connaissances sur la cognition instanciée ou imagée chez l'enfant sont comparable aux connaissances sur la cognition imaginée, abstraite, au mieux verbale de l'adulte. La conception de la cognition comme distribuée entre le sujet pensant et son environnement matériel offre cependant l'occasion de faire le pont entre ces deux approches méthodologiques afin d'atteindre une compréhension plus fidèle de la cognition humaine tel qu'elle se réalise dans son environnement naturel.

RÉFÉRENCES

- Allardice, R. E. & Fraser, A. Y. (1883). La tour d'Hanoi. *Proceedings of the Edinburgh Mathematical Society*, 2, 50-53.
- Bilalić, M., McLeod, P. & Gobet, F. (2008). Why good thoughts block better ones: The mechanism of the pernicious Einstellung (set) effect. *Cognition*, 108, 652-661.
- Geake, J. G. & Hansen, P. C. (2010). Functional neural correlates of fluid and crystallized analogizing. *Neuroimage*, 49, 3489-3497.
- Giere, R. N. & Moffatt, B. (2003). Distributed cognition: Where the cognitive and the social merge. *Social Studies of Science*, 33, 301-310.
- Gholson, B., Eymard, L. A., Morgan, D. & Kamhi, A. G. (1987). Problem solving, recall, and isomorphic transfer among third-grade and sixth-grade children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 43, 227-243.
- Greeno, J. G. (1974). Hobbits and orcs: Acquisition of a sequential concept. *Cognitive Psychology*, 6, 270-292.
- Greeno, J. G. (1978). Natures of problem solving. In W. K. Estes (Ed.), *Handbook of Learning and Cognitive Processes, Volume 5* (pp. 239-270). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Hilton, D. J. (1995). The social context of reasoning: Conversational inference and rational judgment. *Psychological Bulletin*, 118, 248-271.
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Jeffries, R., Polson, P. G., Razran, L. & Atwood, M. E. (1977). A process model for Missionaries-Cannibals and other river-crossing problems. *Cognitive Psychology*, 9, 412-440.
- Kershaw, T. C., Braasch, J. L. G. & Flynn, C. K. (2010). Negative transfer in matchstick arithmetic insight problems. In S. Ohlsson & R. Catrambone (Eds.), *Proceedings of the 32nd Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 1505-1510). Austin, TX: Cognitive Science Society.

- Kirsh, D. (1993). Complementary strategies: Why we use our hands when we think. In J. M. Moore & J. L. Lehman (Eds.), *Proceedings of the Seventeenth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 212-217). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Kirsh, D. (1995). The intelligent use of space. *Artificial Intelligence*, 73, 31-68.
- Kirsh, D. (1996). Adapting the environment instead of oneself. *Adaptive Behavior*, 4, 415-452.
- Kirsh, D. (2006). Distributed cognition: A methodological note. *Pragmatics & Cognition*, 14, 249-262.
- Kirsh, D. (2009). Problem solving in situated cognition. In P. Robbins & M. Aydede (Eds.), *The Cambridge handbook of situated cognition* (pp. 264-306). Cambridge: Cambridge University Press.
- Kirsh, D. (2010). Thinking with external representations. *AI & Society*, 25, 441-454.
- Knoblich, G., Ohlsson, S., Haider, H. & Rhenius, D. (1999). Constraint relaxation and chunk decomposition in insight problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 25, 1534-1555.
- Latour (1986). Visualisation and cognition : Thinking with eyes and hands. In H. Kuklick (Ed.), *Knowledge and Society Studies in the Sociology of Culture Past and Present*, Volume 6 (pp. 1-40). New York: JAI Press.
- Luchins, A. S. (1942). Mechanization in problem solving: The effect of einstellung. *Psychological Monograph*, 54, whole No. 248.
- Luchins, A. (1946). Classroom experiments on mental set. *American Journal of Psychology*, 59, 295-298.
- Luchins, A. S. & Luchins, E. H. (1950). New experimental attempts at preventing mechanization in problem solving. *Journal of General Psychology*, 42, 279-297.
- Manktelow, K. I. & Evans, J. St B. T. (1979). Facilitation of reasoning by realism: Effect or non-effect. *British Journal of Psychology*, 70, 477-488.
- Manktelow, K. I. & Over, D. E. (1991). Social roles and utilities in reasoning with deontic conditionals. *Cognition*, 39, 85-105.
- Mehler, J. & Bever, T. G. (1967). Cognitive capacity of very young children. *Science*, 158(3797), 141-142.
- Ohlsson, S. (1984). Restructuring revisited II: An information processing theory of restructuring and insight. *Scandinavian Journal of Psychology*, 25, 117-129.
- Ohlsson, S. (1992). Information processing explanation of insight and related phenomena. In M. T. Keane & K. J. Gilhooly (Eds.), *Advances in the psychology of thinking, volume 1* (pp.1-44). London: Harvester Wheatsheaf.
- Pearce, J. (2008). *Animal learning and cognition (third edition)*. Hove, Psychology Press.
- Pressman, I. & Singmaster, D. (1989). "The jealous husbands" and "The missionaries and cannibals". *The Mathematical Gazette*, 73, 73-81.
- Simon, H. A. & Reed, S. K. (1976). Modelling strategy shifts in a problem-solving task. *Cognitive Psychology*, 8, 86-97.
- Stanovich, K. E. & West, R. F. (2000). Individual differences in reasoning : Implications for the rationality debate? *Behavioral and Brain Sciences*, 23, 645-665.
- Segal, E. (2004). Incubation in insight problem solving. *Creativity Research Journal*, 16, 141-148.

- Reed, S. K. & Abramson, A. (1976). Effect of the problem space on subgoal facilitation. *Journal of Educational Psychology*, 68, 243-246.
- Reed, S. K., Ernst, G. W. & Banerji, R. (1974). The role of analogy in transfer between similar problem states. *Cognitive Psychology*, 6, 436-450.
- Sternberg, J., Kaufman, J. C. & Grigorenko, E. L., (2008). *Applied intelligence*. New York: Cambridge University Press.
- Thomas, J. C., Jr. (1974). An analysis of behavior in the Hobbits-Orcs problem. *Cognitive Psychology*, 6, 257-269.
- Wason, P. C. (1966). Reasoning. In Foss, B. M. (Ed.), *New horizons in psychology*. London: Penguin.
- Watson, J. (1968). *The double helix*. London: Penguin.
- Wertheimer, M. (1959). *Productive thinking* (enlarged edition). New York: Harper & Brothers Publishers.
- Wickelgren, W. A. (1974). *How to solve problems*. San Francisco, CA: Freeman.