

Flexibilité, changement de point de vue et découverte de solution

Evelyne Clément

▶ **To cite this version:**

Evelyne Clément. Flexibilité, changement de point de vue et découverte de solution. Cognition, Santé et Vie Quotidienne, 2008. hal-02007336

HAL Id: hal-02007336
https://cyu.hal.science/hal-02007336

Submitted on 5 Feb 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Clément, E. (2008). Flexibilité, changement de point de vue et découverte de solution. In G. Chasseigne (Ed.), *Cognition, Santé et Vie Quotidienne, volume 1* (pp. 21-42). Paris: Edition Publibook Université (collection Psychologie Cognitive).

Flexibilité, changement de point de vue et découverte de solution

Evelyne Clément[1]

Résumé :
La flexibilité est encore très souvent décrite d'un point de vue phénoménologique comme la capacité à s'adapter aux changements de l'environnement en diversifiant les solutions proposées et en augmentant la plasticité du système cognitif. Ce chapitre examine la flexibilité du point de vue des recherches en psychologie cognitive menées dans des situations de résolution de problèmes dites "artificielles ». A travers différents exemples, nous montrons que l'étude systématique de l'activité cognitive dans ces situations est une étape préliminaire et cruciale pour (1) appréhender, décrire et expliquer les conduites flexibles du point de vue des processus qui les gouvernent, (2) différencier les formes de flexibilité, (3) identifier les causes des conduites de persévération, et (4) envisager des dispositifs d'aides et de remédiations dans des situations plus écologiques de la vie quotidienne. On conclut sur l'implication d'une analyse qualitative des processus cognitifs à l'œuvre dans des tâches artificielles de laboratoire pour appréhender l'activité cognitive dans des tâches plus complexes de la vie quotidienne. .

Mots- clés : flexibilité, changement de point de vue, résolution de problèmes, diagnostic cognitif, remédiation

Key-words: flexibility, change of representation, problem-solving, cognitive diagnostic, cognitive remediation

1 Université de Rouen, Laboratoire Psy.NCA 76821 Mont Saint Aignan Cedex, France
evelyne.clement@univ-rouen.fr

Clément, E. (2008). Flexibilité, changement de point de vue et découverte de solution. In G. Chasseigne (Ed.), *Cognition, Santé et Vie Quotidienne, volume 1* (pp. 21-42). Paris: Edition Publibook Université (collection Psychologie Cognitive).

1. Introduction

La flexibilité est reconnue comme une composante essentielle de l'adaptation aux changements de l'environnement qu'il soit physique ou social. Cette notion déjà ancienne a été introduite dans les premières décennies du vingtième siècle par les théoriciens de la Gestalt qui se sont intéressés à la résolution de problèmes (Luchins, 1939; 1942; Luchins et Luchins, 1959). La flexibilité, en ce sens, est un moyen de s'adapter au changement de l'environnement mais aussi d'agir sur cet environnement.
Si cette définition phénoménologique de la flexibilité permet un consensus, il reste que cette notion présente encore des difficultés d'opérationnalisation et fait l'objet d'une définition assez floue : selon les approches théoriques, elle est définie comme une fonction exécutive qui correspond au déplacement volontaire du foyer attentionnel d'une catégorie de stimuli à une autre (*e.g.*, Collette, 2004; Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter et Wagner, 2000), une caractéristique de l'activité mentale gouvernée par les processus attentionnels et antagoniste de la résistance à la distraction (*e.g.*, Camus, 1996), ou bien encore une composante de la pensée créative (*e.g.*, Carlier, 1973; Guilford, 1950; Georgsdottir et Lubart, 2003; Lautrey et Lubart, 1998; Sternberg et Lubart, 1995).
L'objectif de ce chapitre est de présenter des recherches menées en laboratoire qui contribuent au développement de connaissances fondamentales sur les processus de flexibilité mais aussi permettent d'envisager des remédiations adaptées et individualisées. Si les connaissances sur les processus cognitifs appréhendés dans des tâches artificielles peuvent paraître a priori peu généralisables aux processus impliqués dans des tâches écologiques de la vie quotidienne, nous pensons que leur étude systématique dans des tâches circonscrites et formalisables peut être utile pour appréhender, décrire, mais aussi et surtout, expliquer les processus de flexibilité dans une grande variétés de situations. Dans ce sens, nous centrerons notre propos sur la mise en évidence de l'expression de la flexibilité dans des situations de résolution de problèmes et les implications des recherches de laboratoire dans le développement de dispositifs d'aides et de remédiation.

2. Flexibilité, changement de point de vue et découverte de solution

2.1. Compréhension et découverte de solution

Nous sommes très souvent confrontés dans notre de vie de tous les jours à résoudre des problèmes quand nous avons un but, une intention, un désir mais que nous ne savons pas comment y parvenir. Cette définition générale de la résolution de problème met tout d'abord l'accent sur une des spécificités de cette activité cognitive : elle est finalisée et dirigée par un but (Anderson, 1995 ; Duncker, 1945 ; Richard, 2004). D'autre part, elle révèle qu'une situation peut être un problème pour une personne mais ne pas l'être pour une autre, ou ne plus l'être quand on a appris comment atteindre le but. Ainsi les connaissances disponibles et mobilisées jouent un rôle important dans la solution proposée. Elles peuvent conduire à résoudre le problème mais aussi dans certains cas empêcher ou retarder la découverte de solution. Pour comprendre le processus de découverte de solution, il est important de distinguer (1) la représentation du problème que l'on construit en situation et (2) les étapes par lesquelles on passe pour aller de la situation initiale au but.
Dans une approche classique de la résolution de problème, il est courant de présenter cette activité comme la mise en oeuvre d'un savoir procédural, c'est à dire le savoir sur la façon

d'exécuter une variété d'activités cognitives, savoir procédural que l'on oppose au savoir déclaratif, c'est à dire le savoir sur les faits et les choses (*e.g.*, Anderson, 1993, 1995, Lovett et Anderson, 2005). Dans ce cas, la résolution de problème est décrite comme un apprentissage procédural qui consiste à automatiser des procédures. La difficulté rencontrée au cours de la résolution est alors interprétée comme un défaut d'automatisation de procédure et de planification. Cette conception est notamment adoptée, souvent de façon implicite, dans les recherches cliniques menées auprès de patients cérébro-lésés mais aussi de participants présentant un vieillissement normal ou pathologique.
Une autre façon de concevoir la résolution de problème est de l'envisager comme l'élaboration de la représentation adéquate du problème qui permet de construire les procédures pour trouver la solution. On s'intéresse alors à la façon dont l'individu comprend la situation compte tenu du contexte du problème, de ses expériences passées et de ses connaissances. La découverte de solution est envisagée comme une activité guidée par l'interprétation et le codage des propriétés de la situation. En fait, ces deux conceptions renvoient à des éclairages différents sur les deux processus d'élaboration de la représentation et de génération de solution qui interagissent dans l'activité de résolution de problème. En effet, au cours du déroulement de l'activité, la représentation initiale, construite à partir du codage initial des informations fournies dans la situation et des connaissances activées en mémoire, va subir des changements successifs en retour des solutions intermédiaires envisagées jusqu'à l'atteinte du but.

2.1.1. La représentation du problème

La façon dont on comprend, on se représente le problème et le but a été l'objet de travaux déjà anciens initiés par la Gestalt psychologie. En transférant au domaine de la résolution de problèmes les principes mis à jour dans l'organisation perceptive, les gestaltistes ont mis l'accent sur l'importance de la représentation interne du problème sur les processus de génération de solution (Duncker, 1945, Guillaume, 1937; Wertheimer, 1959). La découverte de solution par créativité consiste à envisager le problème sous un nouvel éclairage et à passer d'une structure (le problème) à une autre (la solution) par une réorganisation qui concerne essentiellement le champ perceptif. Cette réorganisation perceptive au caractère brusque dénommée insight est la preuve, selon les gestaltistes, que la découverte procède bien d'une restructuration et non d'une élimination progressive des erreurs, comme le postule la théorie concurrente behavioriste.
Plus récemment, on a envisagé que les aspects sémantiques et les connaissances du sujet participent aussi au processus de génération de solution. En ce sens, certains auteurs (*e.g.*, Novick et Bassok, 2005) définissent la représentation interne du problème comme un modèle mental construit par le sujet pour résumer sa compréhension de la nature du problème. L'exemple rapporté par Novick et Hmelo (1994) illustre cette conception. Considérons le problème suivant des trains et de l'oiseau de Posner (1973) :
« Deux gares ferrovières sont distantes de 50 miles. Un samedi, à deux heures de l'après-midi, deux trains partent chacun d'une des gares, à la rencontre l'un de l'autre. Au moment où les trains quittent les gares, un oiseau surgit des airs et se place devant le premier train. Il vole jusqu'au deuxième train, et quand il l'atteint il retourne vers le premier train. L'oiseau continue ces allers-retours jusqu'à ce que les deux trains se rencontrent. Sachant que les deux trains roulent à vingt cinq miles par heure et l'oiseau à 100 miles par heure, combien de miles l'oiseau va-t-il parcourir jusqu'à ce que les trains se rencontrent ? ».

Clément, E. (2008). Flexibilité, changement de point de vue et découverte de solution. In G. Chasseigne (Ed.), *Cognition, Santé et Vie Quotidienne, volume 1* (pp. 21-42). Paris: Edition Publibook Université (collection Psychologie Cognitive).

Cet énoncé évoque, sans doute pour la plupart d'entre nous, des problèmes de baignoires et de robinets que nous avions des difficultés à résoudre dans les cours de mathématiques. La difficulté est liée ici essentiellement à la représentation, au modèle interne, que nous construisons à la lecture de cet énoncé. Si l'on considère les allers-retours de l'oiseau, ce problème est difficile pour la plupart des adultes qui vont s'engager dans des séries d'équations sans aboutir nécessairement avec succès à la solution. Une autre représentation, non induite par l'énoncé et se focalisant sur le trajet des trains, rend le problème bien plus facile à résoudre en le ramenant à un problème plus simple de relation distance/temps. Sachant que les trains roulent à 25 miles à l'heure et que la distance les séparant est de 50 miles, ils se rencontreront au bout d'une heure. Sachant que l'oiseau vole à 100 miles par heure, l'oiseau parcoura 100 miles.

Cet exemple montre que la découverte de solution ne dépend pas uniquement du principe de solution mais des connaissances qui sont évoquées par le contexte. Ainsi, la représentation construite en situation joue un rôle déterminant dans la façon dont on chemine vers la solution. Cet aspect important de la résolution de problèmes concerne la compréhension, c'est-à-dire la signification que l'on attribue à la situation et les buts que l'on se donne. De ce point de vue, on considère que la découverte de solution et la mise en œuvre de procédures sont déterminées par trois éléments (Clément, 2005) : la situation, les connaissances disponibles en mémoire, et la représentation qui est définie comme une construction dynamique, transitoire, déterminée à la fois par les propriétés de la situation et les

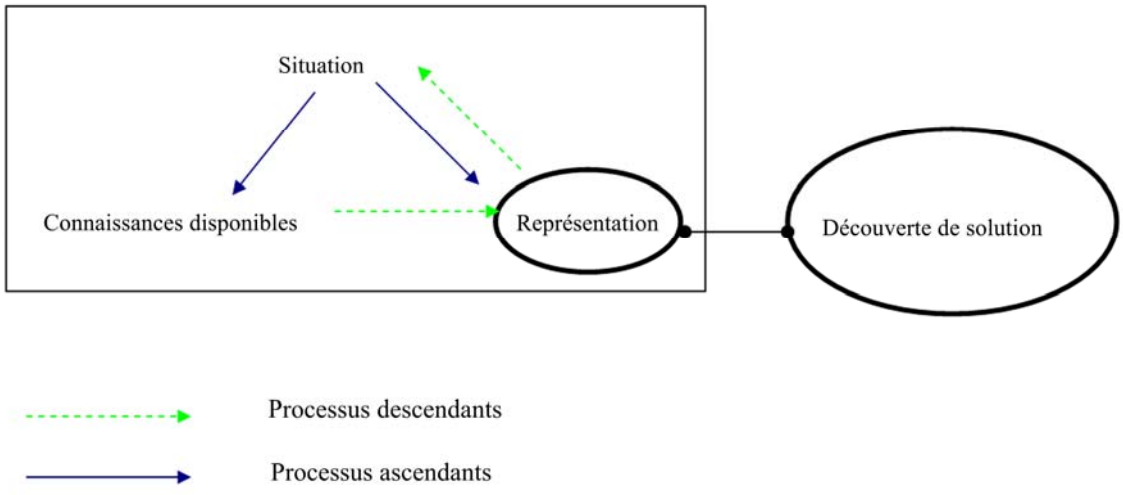


Figure 1. Schéma des interactions situation - représentation - connaissances

connaissances disponibles en mémoire (figure 1).

2.1.2. Changement de point de vue et découverte de solution

Clément, E. (2008). Flexibilité, changement de point de vue et découverte de solution. In G. Chasseigne (Ed.), *Cognition, Santé et Vie Quotidienne, volume 1* (pp. 21-42). Paris: Edition Publibook Université (collection Psychologie Cognitive).

La particularité des situations de résolution de problèmes, et plus généralement de toute situation d'apprentissage, est que les connaissances acquises dans d'autres domaines de résolution et qui sont évoquées par le contexte ne peuvent être utilisées directement pour trouver la solution. Parfois même, comme dans l'exemple du problème des trains, ces connaissances peuvent empêcher ou retarder la découverte de solution. Considérons le problème suivant :
Trois cubes de taille différente sont placés de la façon suivante comme dans la figure 2.



Figure 2. Le problème de changement de taille

Le but du jeu est de changer la taille de chaque cube de telle sorte, que celui de gauche ait une petite taille, celui du milieu une taille moyenne et celui de droite une grande taille.
Les changements de taille sont contraints par les règles suivantes :
1) Ne changer la taille que d'un seul cube à la fois
2) Si plusieurs cubes ont la même taille, on ne peut changer la taille que de celui qui est le plus à gauche
3) On ne peut pas donner à un cube la taille d'un cube qui est à sa gauche
Considérons maintenant, cet autre problème :
Trois cubes de taille différente sont placés de la façon suivante comme dans la figure 3.
Le but du jeu est de déplacer les cubes de telle sorte, que le petit soit à gauche, le moyen au milieu et le grand à droite.
Les déplacements sont contraints par les règles suivantes :
1) Ne déplacer qu'un seul cube à la fois
2) Si plusieurs cubes sont à la même place, on ne peut déplacer que le plus petit d'entre eux
3) On ne peut pas poser un cube sur un plus petit



Figure 3. Le problème de déplacement

Ces deux problèmes isomorphes sont les deux versions d'un même problème présenté dans des contenus différents : un changement de taille et un changement de place. Bien que ces deux versions se résolvent en cinq actions, le problème de changement de taille est bien plus difficile à résoudre que celui du déplacement (Kotovsky, Hayes et Simon, 1985). En fait, on peut concevoir un changement d'état, qu'il s'agisse du changement de taille ou de place selon deux points de vue : celui du résultat et celui du processus de transformation. Si on adopte le point de vue du résultat, on peut concevoir facilement que changer d'état, c'est enlever l'état actuel et mettre dans un nouvel état. Si on adopte le point de vue du processus de changement,

on envisage toutes les étapes de transformation entre l'état actuel et le nouvel état. Dans ces problèmes de transformations d'états, adopter le point de vue du résultat permet de comprendre et d'interpréter les règles comme les conditions à satisfaire pour changer d'état. C'est ce point de vue qui est compatible avec le principe de solution.

L'une des raisons des différences de difficulté entre ces deux versions, est que le problème de déplacement induit le point de vue du résultat de l'action qui est compatible avec le principe de solution. Déplacer un objet est facilement conçu comme enlever l'objet de la place actuelle et le mettre à un nouvel emplacement. Ainsi, les règles qui contraignent le déplacement sont facilement interprétées comme les conditions à satisfaire pour déplacer l'objet : pour enlever un objet de sa place, enlever tous les plus petits, pour le mettre à un nouvel emplacement, enlever tous les plus petits. La compréhension des conditions permet alors d'envisager les sous-buts par lesquels il faut passer avant d'atteindre le but final. En revanche, le point de vue induit dans le problème du changement de taille rend difficile la compréhension du principe de solution. En effet, ce type de changement est conçu en référence au modèle de la croissance biologique. Il est alors plus difficile de concevoir le changement de taille comme la composition de deux changements : enlever la taille actuelle et mettre l'objet dans une nouvelle taille. De ce fait, il est plus difficile de concevoir les règles comme les conditions pour changer la taille : pour enlever la taille actuelle, changer la taille de ceux qui sont à gauche, pour donner une nouvelle taille à l'objet, changer la taille de ceux qui sont à gauche.

Ainsi, pour appréhender les effets de contexte et les processus de compréhension, le paradigme des problèmes isomorphes s'avère particulièrement bien adapté. En effet, comme le montrent les exemples des problèmes de déplacement et de changement de taille, des problèmes isomorphes sont des versions d'un même problème présenté dans des « habillages », des contenus différents. Si la difficulté d'un problème se résumait à l'application et l'automatisation de procédures, alors les versions devraient être de difficulté égale. Or, on observe des différences de difficultés importantes entre les versions d'un même problème. Par exemple, un problème de Tour de Hanoï à trois disques ne pose pas de difficulté particulière à un jeune adulte. Les participants ne semblent pas avoir de difficulté pour construire les sous-buts et s'engager dans une activité de planification. En revanche, le même problème de déplacement présenté dans une version « Ascenseurs », (Clément, 1994; 1996, Clément et Richard, 1997) entraîne des comportements apparemment incohérents : les participants ont du mal à construire les sous-buts, font des actions inutiles, défont ce qu'ils viennent de faire, retournent en arrière et parfois font des mouvements interdits. Dans ce problème (figure 4), les participants se retrouvent plus fréquemment en situation d'impasse et ont l'impression que le problème n'a pas de solution. La difficulté du problème des Ascenseurs tient au fait que le modèle du déplacement évoqué par le contexte est celui du parcours entre les étages et non celui du résultat de l'action qui permet de concevoir le déplacement comme sortir d'un étage et arriver à un nouvel étage sans envisager les différents étages qui séparent le point de départ et le point d'arrivée. Comme dans le problème du Changement de taille, trouver la solution suppose de changer de point de vue et d'adopter celui qui est compatible avec le principe de solution.

Clément, E. (2008). Flexibilité, changement de point de vue et découverte de solution. In G. Chasseigne (Ed.), *Cognition, Santé et Vie Quotidienne, volume 1* (pp. 21-42). Paris: Edition Publibook Université (collection Psychologie Cognitive).

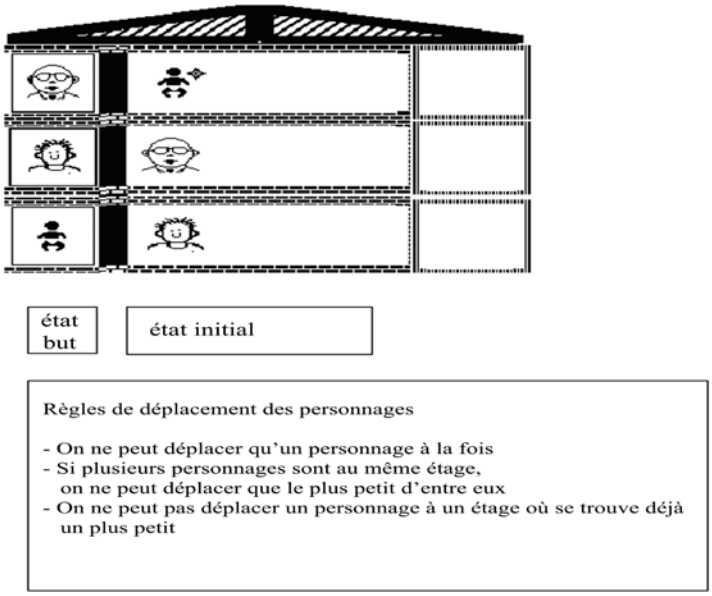


Figure 4. Le problème des Ascenseurs

Comme l'illustrent ces différents exemples, très souvent un problème s'avère difficile parce que plusieurs points de vue peuvent être pris sur la situation et que nous ne choisissons pas le bon. Trouver la solution consiste alors à changer de point de vue sur la situation. Ce changement de point de vue caractérise ce que nous avons défini comme la flexibilité représentationnelle (Clément, 2001; Clément, 2006). L'idée défendue est que découvrir la solution procède d'un changement de point de vue, de représentation, de codage des propriétés de la situation. Ce sont ces changements conceptuels successifs et consécutifs à la prise en compte des contraintes et des retours de l'environnement qui caractérisent la flexibilité représentationnelle. Ainsi, l'une des premières conclusions de cet ensemble de recherches est que le contexte de la situation a une grande influence sur l'expression de la flexibilité et la découverte de la solution. Les versions les plus difficiles d'un même problème présenté dans des contextes différents, sont celles où la représentation induite par le contexte doit être remise en question et abandonnée.
Toutefois, si les contextes des problèmes déterminent leur difficulté et rendent plus ou moins difficile l'expression de la flexibilité, ils n'ont pas les mêmes effets sur tous les individus. Quel que soit le contexte du problème, les différences individuelles en résolution de problème sont toujours très importantes, et on observe que certains participants découvrent plus rapidement la solution que d'autres.

2.2. Flexibilité et découverte de solution

2.2.1. Une approche alternative à l'approche neuropsychologique de la flexibilité

Clément, E. (2008). Flexibilité, changement de point de vue et découverte de solution. In G. Chasseigne (Ed.), *Cognition, Santé et Vie Quotidienne, volume 1* (pp. 21-42). Paris: Edition Publibook Université (collection Psychologie Cognitive).

Dans les recherches cliniques menées en neuropsychologie, la flexibilité est souvent décrite comme une des fonctions qui participent au contrôle exécutif et les épreuves les plus classiquement utilisées sont soit des épreuves de « switching », consistant à « basculer » d'un traitement à un autre de stimuli de nature différente (comme, par exemple, dans le Trail Making Test, Reitan, 1958), ou à traiter différentes propriétés d'un même stimulus (comme, par exemple, dans le Wisconsin Card Sorting Test, Heaton, 1981), soit des épreuves de fluence verbale ou de pensée divergente. La première catégorie d'épreuves teste la flexibilité dite réactive, la seconde la flexibilité dite spontanée (Eslinger et Grattan, 1993). La flexibilité réactive s'exprime lorsque l'environnement change et que les contraintes de la tâche exigent un changement de réponse pour une conduite adaptée. La flexibilité spontanée se manifeste quand le sujet présente des réponses variées dans un environnement stable qui ne contraint pas nécessairement au changement. Des études récentes menées en imagerie cérébrale étayent cette distinction en indiquant que les régions préfrontales, pariétales et sous - corticales seraient plus spécifiquement impliquées dans des tâches de flexibilité réactive (e. g., Fink et al., 1997 ; Konishi et al., 1998 ; Rogers et al., 2000 ; Wilkinson et al., 2001). La flexibilité spontanée serait sous-tendue plus spécifiquement par les régions de la portion antérieure du gyrus frontal inférieur et du noyau thalamique dorso – médian gauche (e.g., Paulesu et al., 1997).

De façon générale, dans les recherches cliniques sur les dysfonctionnements exécutifs, les tâches de résolution de problèmes ne sont pas considérées comme de bons candidats pour appréhender la flexibilité cognitive. Un des arguments majeurs est que ces tâches complexes sont des épreuves multi-déterminées, impliquant de multiples processus et une charge importante en mémoire de travail. Par exemple, Godefroy, Roussel-Pierronne, Routier et Dupuy-Sonntag (2004) proposent d'analyser les déficits des fonctions exécutives avec des épreuves plus élémentaires qui testent (1) l'initiation et l'inhibition de l'action et (2) la mise en œuvre de règles nécessaires pour résoudre des problèmes de génération, de déduction, de maintien et de changement de règles. Toutefois, comme le soulignent Seron et al. (1999), il reste difficile pour l'analyse des fonctions exécutives de décomposer des tâches complexes en leurs différents constituants. En fait, une façon de répondre à ces objections est de mener a priori une analyse de la tâche en terme de processus impliqués dans sa réalisation.

Cette approche qui porte sur l'identification des processus impliqués dans les épreuves connaît, par ailleurs, un développement prometteur dans le domaine des tests d'intelligence. Dans cette direction, par exemple, les travaux de Carpenter, Just et Shell (1990) sur la résolution des matrices de Raven ont permis d'identifier trois capacités mesurées par ce test : la capacité à décomposer les problèmes en problèmes plus simples à résoudre ; la capacité à hiérarchiser la tâche en buts et sous buts que cette décomposition entraîne ; et la capacité à formuler les règles de façon suffisamment abstraites pour qu'elles soient généralisables. Dans la même veine, la méthode diagnostique développée par Richard et Zamani (Richard et Zamani, 2003 ; Zamani et Richard, 1997) dans la résolution du test du Passalong, a permis d'identifier les processus impliqués dans les différentes performances aux différents items et montré que les différents niveaux de performances étaient liés à des compétences cognitives formalisées par des listes de contraintes différentes. Par exemple encore, la méthode choisie par Rozencwajg (Rozencwajg, 2001 ; Rozencwajg et Huteau, 1996) pour analyser la résolution des cubes de Kohs a permis d'identifier trois stratégies de résolution différentes caractérisant les sujets. La démarche commune de ces différentes recherches s'inscrit dans le souci, partagé par de nombreux psychologues, de passer de l'évaluation de la performance au diagnostic cognitif individualisé (Huteau et Lautrey, 1999). En effet, appréhender l'activité en

terme de processus et expliquer les différences individuelles suppose, qu'au-delà de la performance en terme de réussite ou d'échec, de temps de résolution, d'erreurs, on mène une analyse qualitative de l'activité cognitive en situation (Clément, 2003). Dans ce sens, cette approche qualitative de l'activité cognitive met en évidence qu'une solution réussie ou un échec ne permettent pas d'inférer ce qui est appris sur la situation (Bastien et Bastien-Toniazzo, 2004, sur les décalages entre performances et connaissances), ce qui est transféré de situations connues (Sander, 2000, sur le rôle des connaissances préalables dans les apprentissages), ce qui est source de difficulté (Clément 2005, sur les difficultés de nature sémantique ou de nature procédurale). Par ailleurs, cette démarche est particulièrement bien adaptée pour appréhender l'activité du sujet dans des situations comme la résolution de problèmes dans lesquelles les objectifs et les représentations qui sous-tendent les comportements évoluent continuellement.

Cette analyse qualitative répond nécessairement à des exigences méthodologiques et théoriques importantes. Elle suppose tout d'abord, une analyse des tâches en terme de processus cognitifs impliqués dans leur résolution. Elle implique d'autre part, que l'observation soit faite sur l'ensemble de la tâche car, comme le souligne Richard (1999), le déroulement temporel de l'activité est l'élément crucial à prendre en compte pour comprendre le comportement de l'individu. Enfin, elle doit s'inscrire dans une théorie où les relations entre comportements et représentations sont formalisées.

C'est dans cette perspective que nous avons étudié l'expression de la flexibilité dans les problèmes de tour de Hanoi (Clément, 2001, Clément, 2003) et dans les problèmes de transvasement de jarres de Luchins (Guédin et Clément, 2005 ; Clément, 2006). Dans la section suivante, nous présentons plus en détail ces recherches.

2.2.2. L'étude systématique de l'expression de la flexibilité dans la résolution de problème

L'étude systématique de l'expression de la flexibilité dans la résolution de problème est aujourd'hui très marginale en psychologie cognitive bien que ces situations soient le prototype de situations nouvelles dans lesquelles le changement de représentation est l'élément clé de la découverte de solution. Comme nous l'avons souligné précédemment, une telle étude n'est possible que (1) si l'on mène une analyse de la tâche en identifiant les processus qu'elle implique pour sa réalisation et (2) si l'on compare l'activité à des moments critiques de la résolution et en référence à un modèle du fonctionnement.

Les moments critiques dans la résolution de problèmes sont ceux où l'individu ne progresse plus vers la solution et, dans certains cas, imagine que le problème n'a pas de solution. Ces moments critiques sont les situations d'impasse. D'un point de vue comportemental, elles se caractérisent par une interruption de l'activité (des temps longs entre deux actions), des retours en arrière dans l'espace de recherche et des violations des règles de la consigne.

D'un point de vue théorique, ces situations ont été formalisées et modélisées comme des états dans lesquels compte tenu de la représentation qu'il a de la situation, le « résolveur » n'envisage aucune action possible pour avancer dans l'espace de recherche (Richard, Poitrenaud, Tijus, 1993). Selon cette conception théorique, la représentation mentale est formalisée par une liste de contraintes hiérarchisées qui autorise certaines actions et en interdit d'autres. L'impasse est l'état dans lequel la liste courante de contraintes n'autorise plus aucune action. La seule façon alors de sortir de l'impasse est la relaxation de contraintes jusqu'à ce qu'une action soit possible. C'est ainsi en référence au modèle des Contraintes de Jean-François Richard que nous avons identifié différentes expressions de la flexibilité et décrit les

processus qui sous-tendent les conduites de persévération présentées par certains participants dans les moments critiques de la résolution de problème que sont les impasses.

2.2.2.1. La situation d'impasse : condition nécessaire mais non suffisante pour changer de point de vue

Dans une première série d'expériences sur la résolution de problèmes de Tour de Hanoï présentés soit dans la version standard, le but étant de déplacer une tour d'un emplacement à un autre (Clément, 2001), soit dans une version étalée, le but étant de déplacer des disques posés initialement dans trois emplacements différents à trois nouveaux emplacements (Clément, 2008), nous avons analysé les protocoles des sujets dans ces situations d'impasse et testé l'hypothèse que les différences individuelles s'exprimeraient en impasse par des différences dans la gestion de compromis entre les contraintes.
L'analyse des protocoles individuels nous a permis d'identifier l'origine des différences de performances. Ces différences sont essentiellement dues à
(1) une fréquence plus importante de comportements stéréotypés chez les participants les moins performants. Ces comportements consistent, après une situation d'impasse, à réitérer la même séquence d'actions,
(2) des différences dans la gestion des conflits de buts (but courant/ but final) : le nombre relativement élevé de violations de règles chez certains participants est, dans la majorité des cas, motivé par l'atteinte directe du but (*par exemple mettre le plus grand disque à sa place finale)*. Dans ce cas, le but courant reste prioritaire par rapport au respect des règles qui nécessite des conduites de détours et la construction de sous buts prenant en compte les prérequis des déplacements (*si la place est occupée, alors avant de poser un disque à sa place, libérer sa place en mettant le disque qui gène ailleurs*).
L'analyse des protocoles a montré que les situations d'impasse sont nécessaires mais non suffisantes pour changer de point de vue sur la situation. En effet, pour certains individus ces états sont favorables à l'apprentissage et à la découverte de propriétés de la situation qu'ils n'avaient pas traitées jusque –là : on observe l'abandon de contraintes non pertinentes pour la solution. Pour d'autres, au contraire, ces états ne sont pas l'occasion de changement de représentation : on observe des conduites de persévération qui se traduisent par la réitération des mêmes séquences d'actions.
Dans les problèmes de Tour de Hanoï, les différences interindividuelles s'expriment en impasse. Dans ces situations, certains participants identifient plus rapidement que d'autres les contraintes de la situation. Ces différences relèvent de différences de la flexibilité réactive qui dépend dans ces situations (1) de la mémorisation des actions déjà faites dans des états rencontrés et qui n'ont pas permis de progresser et, (2) de l'analyse des résultats de l'action qui évite de se retrouver dans des états déjà rencontrés. En revanche, ces situations ne sont pas les plus propices pour observer l'expression de la flexibilité spontanée telle qu'elle est décrite dans les travaux de neuropsychologie.
Afin d'identifier dans une même situation l'expression de la flexibilité réactive et de la flexibilité spontanée, nous avons mené une nouvelle série d'expériences que nous présentons dans la section suivante.

2.2.2.2. Mise en évidence de différents niveaux de flexibilité dans une tâche de résolution de problème

Clément, E. (2008). Flexibilité, changement de point de vue et découverte de solution. In G. Chasseigne (Ed.), *Cognition, Santé et Vie Quotidienne, volume 1* (pp. 21-42). Paris: Edition Publibook Université (collection Psychologie Cognitive).

Dans l'approche de la résolution de problème que nous défendons, l'éclairage est mis sur la façon dont l'individu comprend la situation compte tenu du contexte, de ses expériences passées et des connaissances disponibles en mémoire qu'il mobilise. La découverte de solution est envisagée comme une activité guidée par l'interprétation et le codage des propriétés de la situation. Ces propriétés sont les objets, les actions et les contraintes qui définissent la façon dont on peut agir sur les objets. Ainsi, on peut décrire une situation problème par l'ensemble des contraintes de la situation qui sont caractéristiques du problème et qui doivent impérativement être respectées pour atteindre le but. Ce sont des contraintes exogènes ou situationnelles que doit respecter toute solution. Tant que ces contraintes ne sont pas identifiées ou mal interprétées, la situation est problématique.

Un autre aspect à prendre en compte dans l'activité de résolution de problème est la façon dont s'opère le choix d'une stratégie, ou d'une procédure, parmi plusieurs afin d'atteindre le but. Dans les situations relativement ouvertes qui autorisent plusieurs solutions, le choix se fait en fonction d'une optimisation de traitement basée sur un certain critère (simplicité, économie cognitive, rapidité).

Ces deux aspects de l'activité de résolution de problème - identifier les contraintes de la situation et choisir la stratégie la plus efficace dans le contexte - permettent d'envisager les différentes expressions de la flexibilité en situation de résolution de problème. Identifier les contraintes de la situation et les respecter procède de la capacité à abandonner une stratégie inadaptée et à en élaborer une nouvelle. Ceci implique généralement une réinterprétation de la situation. Dans ce cas, la flexibilité correspond à un désengagement de l'action en cours pour initier une nouvelle action. Ce désengagement permet un changement de représentation sur le but qui en général se traduit par un changement de but.

Dans le cas où résoudre un problème consiste à sélectionner la stratégie optimale dans le contexte, la flexibilité correspond à la capacité d'envisager plusieurs points de vue sur un même objet, c'est à dire d'envisager plusieurs moyens pour atteindre un même but.

Dans la résolution de problème, les stratégies mises en œuvre au début de la résolution sont très souvent des stratégies qui se sont avérées efficaces dans des problèmes similaires et qui sont appliquées par transfert analogique de procédure. Dans certains cas, ces stratégies peuvent s'avérer inefficaces et conduire en impasse. C'est dans l'impasse, quand plus aucune action ne semble possible, que la flexibilité réactive peut se manifester. Elle procède d'une réorientation de l'attention déclenchée par un signal de l'environnement vers des propriétés qui n'étaient pas dans le focus attentionnel. Des processus sous contrôle volontaire permettent alors le changement de but et la sortie d'impasse.

La flexibilité spontanée se manifestant par un changement non contraint par la situation correspond, en situation de résolution de problème, au choix d'une stratégie optimale pour la tâche. Ce choix non dépendant d'un signal de l'environnement est possible parce qu'on s'est désengagé de l'action. Dans ce cas, l'activité est orientée par des processus contrôlés. Le codage des caractéristiques pertinentes de la situation permet d'envisager différents moyens pour atteindre le but et le choix de la stratégie la plus efficace et adaptée à la situation (c'est-à-dire, selon le contexte, la plus rapide, la plus économique cognitivement ou la plus simple à mettre en œuvre). Cette composante de la flexibilité témoigne de la capacité d'anticiper hors action plusieurs points de vue sur un même objet. Cette anticipation facilite le passage d'une stratégie à l'autre. Elle relève d'une compréhension conceptuelle de la tâche et permet d'éliminer les stratégies les moins efficaces et de découvrir les plus efficientes (Siegler, 1999).

Clément, E. (2008). Flexibilité, changement de point de vue et découverte de solution. In G. Chasseigne (Ed.), *Cognition, Santé et Vie Quotidienne, volume 1* (pp. 21-42). Paris: Edition Publibook Université (collection Psychologie Cognitive).

En utilisant les fameux problèmes de jarres de Luchins (Luchins et Luchins, 1959), nous avons pu mettre en évidence au cours d'une même tâche l'expression de la flexibilité spontanée, de la flexibilité réactive, et de la rigidité du comportement (pour une description détaillée des problèmes et de l'analyse proposée, voir Clément 2006). Deux formes de flexibilité ont ainsi été distinguées sur la base de leurs conditions de mise en œuvre. Une première forme correspond à une mise en œuvre relativement explicite : alors que la situation ne contraint pas nécessairement au changement, certains sujets s'engagent spontanément dans une analyse des différentes propriétés de la situation. Cette analyse permet (a) le codage de la situation à un niveau suffisamment abstrait, (b) l'adoption de plusieurs points de vue et, (c) le choix du plus approprié compte tenu des contraintes de la situation. Cette forme de flexibilité correspond à la notion de flexibilité spontanée développée en neuropsychologie. Une deuxième forme de flexibilité, mise en œuvre à un niveau plus implicite, est déclenchée en situation d'impasse : dans ce cas, le constat que ce que l'on est en train de faire ne fait pas avancer et la prise en compte des retours de l'environnement, permettent de s'engager dans une activité de réflexion et d'analyse de ce qui empêche la progression et l'atteinte du but. La situation d'impasse est suffisante pour réorienter l'attention vers les propriétés de la situation qui n'étaient pas dans le focus attentionnel et changer de représentation. Cette deuxième forme de flexibilité correspond à la flexibilité réactive. Enfin, les conduites de persévération observées en impasse sont liées à une sorte « d'insensibilité » à l'alerte environnementale. Alors que la situation « résiste » et nécessite un changement, tout se passe comme si les ressources attentionnelles étaient entièrement allouées à la réalisation du but. Dans ce cas l'impasse n'est pas suffisante pour réorienter l'activité.

3. Implications dans le développement de dispositifs d'aides et de remédiations

3.1. L'analyse qualitative des comportements dans l'établissement d'un diagnostic différentiel

Pour résumer, les recherches présentées dans cette contribution s'inscrivent dans le souci de conceptualiser la notion de flexibilité dans un cadre théorique unifié. Définir la flexibilité du point de vue du codage des propriétés de la situation permet la mise en lien des phénomènes décrits par les gestaltistes et de la flexibilité conçue comme une des fonctions exécutives en neuropsychologie. Dans l'approche que nous proposons, la flexibilité est envisagée comme dépendante des processus attentionnels et peut relever de deux formes d'orientation de l'attention, endogène et exogène.

En situation de résolution de problème, il est possible d'appréhender ces différents niveaux de flexibilité au cours d'une même tâche et de proposer une assise conceptuelle aux deux formes de flexibilité mises en évidence dans les tests neuropsychologiques.

Deux niveaux de flexibilité semblent caractériser les individus. La première forme de flexibilité ne dépendant d'aucun signal de la situation, est mise en œuvre de façon explicite et témoigne d'une représentation du but dissociée de la procédure. La deuxième forme, déclenchée en impasse, est mise en œuvre de façon relativement implicite. Le signal de l'environnement peut, dans certains cas, réorienter l'attention sur des propriétés non traitées et pertinentes pour la solution. Toutefois, les analyses des protocoles de résolution montrent que la situation d'impasse n'est pas suffisante pour tous dans le changement de représentation. En effet, alors que la situation « résiste », certains présentent des conduites de persévération et semblent « insensibles » aux retours de l'environnement. Les participants qui présentent des profils « persévérants » ne traitent pas l'information fournie en impasse, l'attention étant

focalisée sur la réalisation du but courant. Dans ce cas, les informations fournies par l'environnement ne sont pas suffisantes pour une réorientation de l'attention qui témoignerait de la prise de conscience que le but poursuivi est inaccessible et qu'il faut en changer.
Si l'analyse qualitative des comportements de résolution est incontournable dans l'établissement de diagnostic différentiel et contribue au renouveau de l'évaluation en allant au-delà de la performance, l'étape suivante est le développement de dispositifs d'aide et de remédiations basés sur ce diagnostic. Dans le cadre de recherches en cours, nous étudions de façon plus systématique les conduites de persévération afin de développer des aides qui permettent la réorientation de l'attention sur les propriétés pertinentes pour la solution. L'hypothèse est que l'impasse, ou une information explicite donnée par l'expérimentateur sur les propriétés à prendre en compte, ne sont pas suffisantes si l'on est engagé dans la réalisation du but et si ces propriétés ne semblent pas liées à la réalisation du but courant.

3.2. Comment changer de but ? Quelques pistes pour aider au changement

Des recherches récentes montrent que le but peut, dans certains cas, jouer un rôle négatif dans l'abandon d'une interprétation inadéquate. Par exemple, dans une expérience, Zanga, Richard et Tijus (2004) ont proposé à de jeunes adultes la résolution d'un problème à transformation d'état très difficile, un isomorphe du baguenaudier étudié par Kotovsky et Simon (1990), sous deux conditions : les sujets étaient soit en position d'observateurs, soit en position d'acteurs. Dans la condition d'observation, les sujets voyaient sur un écran les différents mouvements faits par un programme informatique pour résoudre le problème. Ils devaient prédire le prochain mouvement fait par l'ordinateur. Dans la condition d'action, les sujets étaient invités à résoudre le problème en effectuant eux-mêmes les mouvements. Les auteurs rapportent que les sujets en condition d'observation prédisaient plus souvent de façon correcte les mouvements de l'ordinateur que les sujets qui devaient résoudre le problème. L'interprétation des auteurs est que lorsqu'on est engagé dans la réalisation du but, l'attention focalisée sur le but est très sélective : les informations qui ne semblent pas liées au but ne sont pas traitées.
De la même façon, une expérience de Zamani utilisant des items du problème du Passalong illustre ce phénomène (Zamani, 1999 ; Richard, 2005). Les problèmes de Passalong, subtests de la batterie d'Alexander (1946/1950), sont des jeux de taquin dans lesquels il s'agit de faire glisser des carrés et des rectangles de taille différente pour progresser d'une configuration initiale à une configuration finale. L'auteur a proposé à deux groupes de participants la résolution de l'item le plus difficile dans deux conditions. Un premier groupe résout une première fois l'item. Un second groupe ne résout pas l'item mais on lui montre les impasses habituellement rencontrées. On propose aux participants de regarder ce qui ne va pas et ce qu'il faudrait faire. Les deux groupes sont ensuite invités à résoudre l'item, le premier groupe pour la seconde fois et le second groupe pour la première fois. Comme dans l'expérience de Zanga et al. (2004), les participants du second groupe à qui on a demandé d'étudier les impasses réussissent mieux le problème que ceux du premier groupe qui ont déjà rencontré les situations d'impasse.

Ces résultats montrent que dans certains cas l'engagement dans la réalisation du but empêche la prise d'information fournie en impasse : ces informations ne sont pas dans le focus attentionnel tant qu'elles ne sont pas conçues comme pertinentes pour la réalisation du but. Ce n'est qu'en s'engageant dans l'analyse de la situation qu'il est alors possible d'envisager les différents moyens de réaliser le but. Ainsi, dans le cas de conduites de persévération où

l'investissement dans l'action et la réalisation du but semble mobiliser toutes les ressources attentionnelles et empêcher la prise en compte des signaux de l'environnement qui informent qu'il faut changer, on peut supposer qu'amener les participants à analyser les causes de l'impasse hors action devrait favoriser la flexibilité représentationnelle en leur permettant de changer de point de vue sur le but et de s'engager dans le recodage des propriétés de la situation. Dans ce cas, interrompre l'activité en l'orientant vers une réflexion sur ce que l'on veut réaliser et sur les contraintes situationnelles qui empêchent cette réalisation devrait permettre la découverte des propriétés de la situation pertinentes pour la solution. Ce désengagement de l'action devrait remplir une fonction de « rafraîchissement » attentionnel en permettant de concevoir le problème sous un nouvel éclairage.

4. Conclusion

Le postulat implicite des recherches que nous avons présentées dans cette contribution sur l'expression de la flexibilité et ses conditions de mise en œuvre est que les processus responsables des différentes formes de flexibilité et des conduites de persévération observées dans la résolution de problèmes puzzle sont de même nature que ceux impliqués dans l'expression de la flexibilité dans une grande variété de tâches. Par exemple, dans les tâches d'apprentissage probabiliste étudiées par Chassaigne (2005), on peut réinterpréter les effets de l'âge sur la flexibilité de fonctionnement comme l'effet de l'âge sur la mise en œuvre de la flexibilité spontanée et de la flexibilité réactive telles que nous les avons décrites précédemment.

Par ailleurs, l'étude systématique des processus cognitifs dans des tâches dites « artificielles » nous semble riche d'enseignement pour comprendre et expliquer l'activité de l'individu dans des tâches « plus naturelles ». En effet, ce n'est pas tant la nature de la tâche dans laquelle on implique l'individu qui détermine le caractère « écologique » des processus, mais plutôt le type d'analyse que l'on mène sur la mise en œuvre des processus. Par exemple, étudier la résolution de problèmes d'arithmétique proposés dans le cadre scolaire par des enfants devient intéressant si on ne s'en tient pas à la réussite où l'échec et à des moyennes de performances de groupe d'âge, mais si on mène des analyses de protocoles individuels en référence à une théorie générale du fonctionnement cognitif (Clément et Lévêque, soumis ; Sander, 2000).

Le développement d'une telle démarche répond à une préoccupation de recherche fondamentale pour le développement de connaissances sur les processus de flexibilité et de rigidité mais aussi au souci de pouvoir dans des situations de la vie quotidienne envisager des aides qui permettent à l'individu de "gérer" les situations d'impasse dans lesquelles il peut se trouver et changer de point de vue pour atteindre son objectif.

Clément, E. (2008). Flexibilité, changement de point de vue et découverte de solution. In G. Chasseigne (Ed.), *Cognition, Santé et Vie Quotidienne, volume 1* (pp. 21-42). Paris: Edition Publibook Université (collection Psychologie Cognitive).

REFERENCES

Alexander, W. P. (1946/1950). *Une échelle de performance pour la mesure de l'intelligence*. Paris : ECPA.

Anderson, J. R. (1993). *Rules of mind*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Anderson, J. R. (1995). *Cognitive psychology an its implications*, fourth ed. New York: Freeman & Company.

Bastien, C., & Bastien-Toniazzo, M. (2004). *Apprendre à l'école*. Paris: Armand Colin.

Camus, J. F. (1996). *La psychologie cognitive de l'attention*. Paris : Armand Colin.

Carlier, M. (1973). Etude différentielle d'une modalité de la créativité : la flexibilité. *Monographies françaises de psychologie, n°25.* Paris : CNRS, 11- 105.

Carpenter, P. A., Just, M. A., & Shell, P. (1990). What on intelligence test measures: A theoretical account of the processing in the Raven progressive matrices test. *Psychological Review, 97*, 404-431.

Chasseigne, G. (2005). Vieillissement, apprentissage et flexibilité : une approche fonctionnaliste. In B. Vivicorsi et R. Collet (Eds.). *Handicap, cognition et prise en charge individuelle : des aspects de la recherche au respect de la personne.* Rouen : Presses Universitaires de Rouen et du Havre.

Clément, E. (1994). *La représentation de l'action: l'interprétation des consignes dans des problèmes isomorphes*. Thèse de Doctorat, Université de Paris 8, janvier 1994.

Clément, E. (1996). L'effet du contexte sémantique dans l'élaboration de la représentation du problème. *L'Année Psychologique, 96, 409-442.*

Clément, E. (2001). Étude des différences de flexibilité mentale dans l'activité de résolution de problèmes. In A. Flieller, C. Bocéréan, J.L. Kop, E. Thiébaut, A.M. Toniolo et J. Tournois (Eds.), *Questions de psychologie différentielle.* Rennes: Presse Universitaire de Rennes.

Clément, E. (2003). L'analyse de l'activité dans les situations de résolution de problèmes. *Psychologie et Psychométrie, 24 (4)*, 25-36.

Clément, E. (2005). Compréhension et résolution de problème : que nous apprennent les difficultés de l'apprenant ? *Rééducation orthophonique, 223*, 239-250.

Clément, E. (2006). Approche de la flexibilité cognitive dans la problématique de la résolution de problème. *L'Année Psychologique, 106*, 415-434.

Clément, E. (2008). Défaut de planification ou de flexibilité: étude auprès d'une population de personnes âgées. Hommage à Jean-François Richard. In J.M. Hoc & Y. Corson (Eds.), *Actes du Congrès 2007 de la Société Française de Psychologie* (pp. 317-324) Retrieved Date

from [http://www.sfpsy.org/IMG/pdf/actes-SFP2007.pdf]

Clément, E., Lévêque, E. (soumis). Résolution de problèmes arithmétiques à énoncés verbaux par des enfants dysphasiques.

Clément, E. & Richard J. F. (1997). Knowledge of domain effects in problem representation: the case of Tower of Hanoi isomorphs. *Thinking and Reasoning, 3*, 133-157.

Collette F. (2004). Exploration des fonctions exécutives par imagerie cérébrale. In T. Meulemans, F. Collette, and M. Van der Linden (Eds.), *Neuropsychologie des fonctions exécutives*. Marseille : Solal.

Dunker, K. (1945). On problem-solving (L. S. Lees, Trans)*. Psychological Monographs, 58* (Vhole No. 270).

Eslinger P. J., & Grattan L. M. (1993). Frontal lobe and frontal – striatal substrates for different forms of human cognitive flexibility. *Neuropsychologia, 31,* 17-28.

Fink, G. R., Halligan, P. W., Marshall, J. C., Frith, C. D., Frackowiak, R. S. J., & Dolan, R. J. (1997). Neural mechanisms involved in the processing of global and local aspects of hierarchically organized visual stimuli. *Brain, 120,* 1779-1791.

Georgsdottir, A.S., & Lubart, T.I. (2003). La flexibilité cognitive et la créativité : une approche développementale, différentielle et expérimentale. *Psychologie Française, 48-3*, 29-40.

Godefroy, O., Roussel-Pierronne, M., Routier, & A. Dupuy-Sonntag, D. (2004). Étude neuropsychologique des fonctions exécutives. In T. Meulemans, F. Collette, et M. Van der Linden (Eds.), *Neuropsychologie des fonctions exécutives*. Marseille : Solal.

Guédin, C, & Clément, E. (2005). Devenir de la flexibilité au cours du vieillissement normal. In B. Vivicorsi et R. Collet (Eds.). *Handicap, cognition et prise en charge individuelle : des aspects de la recherche au respect de la personne.* Rouen : Presses Universitaires de Rouen et du Havre.

Guilford, J.P. (1950). Creativity. *American Psychologist, 5*, 444 – 454.

Guillaume, P. (1937). *La Psychologie de la Forme*, Paris : Flammarion.

Heaton R. K. (1981).*Wisconsin Card Sorting Test Manual*. Psychological Assessment Resources, Inc., Odessa, FL.

Huteau, M., & Lautrey, J. (1999). *Évaluer l'intelligence*. Paris: Presses Universitaires de France.

Konishi, S., Nakajima, K., Uchida, I., Kameyama, M., Nakahara, K., Sekihara, K., & Miyashita, Y. (1998). Transient activation of inferior prefrontal cortex during cognitive set shifting. *Nature Neuroscience, 1,* 80-84.

Kotovsky, K. & Simon, H. A. (1990). What makes some problems really hard: Explorations in the problem space difficulty, *Cognitive Psychology, 22,* 143-183.

Kotovsky, K., & Hayes, J. R., Simon, H. A. (1985). Why are some problems hard? Evidence from Tower of Hanoi. *Cognitive Psychology, 17,* 248-294.

Lautrey, J., & Lubart, T. I. (1998). Créativité. In O. Houdé, D. Kayser, O. Koening, J. Prouste et F. Rastier (Eds.), *Vocabulaire de Sciences Cognitives*. Paris : PUF.

Lovett, M. C., & Anderson, J. R. (2005). Thinking as a Production System. In K. J. Holyoak and R. G. Morrison (Eds.), *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. New York: Cambridge University Press.

Luchins A. S. (1942). Mechanization in problem solving. *Psychological Monograph, 54,* n° 6 (Whole N° 248).

Luchins, A. S. (1939). *The Einstellung effect in learning by repetition*. Unpublished doctoral dissertation, New York University.

Luchins, A. S., & Luchins E. H. (1959). Rigidity of behavior. A variational approach to the effect of Einstellung. University of Oregon, *Monographs, Studies in Psychology N°3*.

Miyake A., Friedman N. P., Emerson M. J., Witzki A. H., & Howerter A. (2000). Theunity and diversity of executive functions and their contribution to complex "frontal lobe" tasks : a latent variable analysis. *Cognitive Psychology, 41,* 49- 100.

Novick, R. L., & Bassok, M. (2005). Problem solving. In K. J. Holyoak and R. G. Morrison (Edit.), *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. New York: Cambridge University Press.

Novick, R. L., & Hmelo, C. E. (1994). Transferring symbolic representations across non-isomorphic problems. *Journal of Experimental Psychology: Memory, Learning, and Cognition, 20,* 1296-1321.

Paulesu, E., Goldacre, B., Scifo, P., Cappa, S. F., Giraldi, M. C., Castiglioni, I., Perani, D., & Fazio, F. (1997). Functional heterogeneity of left inferior frontal cortex as revealed by fMRI. *Neuroreport, 8,* 2011-2016.

Posner, M. I. (1973). *Cognition: An introduction*. Glenview, II: Scott, Foresman and Company Press of Chicago.

Reitan, R. M. (1958). Validity of the trail making test as an indication of organic brain damage. *Perceptual and Motor Skills, 8*, 271-276.

Richard, J. F. (2005). L'intelligence comme plasticité dans l'adaptation à l'environnement. In J. Lautrey et J-F. Richard (Eds), *L'intelligence. Traité de Sciences Cognitives*. Paris : Hermes Lavoisier.

Richard, J. F. (2004). *Les activités mentales*. Paris : Armand Colin.

Richard, J.F., Zamani, M. (2003). A problem-solving model as a tool for analyzing adaptive behaviour. In R. J. Sternberg, J. Lautrey, et T. Lubart (Eds.), *Models of Intelligence : International Perspectives.* Washington D.C. : American Psychological Association.

Richard, J-F., Poitrenaud, S., & Tijus, C.A. (1993). Problem- solving restructuration : Elimination of implicit constraints. *Cognitive Science, 17*, 497-529.

Rogers, R. D., Andrews, T. C., Grasby, P. M., Brooks, D. J., & Robbins, T.W. (2000). Contrasting cortical and subcortical activations produced by attentional-set shifting and reversal learning in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience, 12*, 142-162.

Rozencwajg, P. (2001). Présentation du test cognitif informatisé : Samuel. In A. Flieller, C. Bocéréan, J.L. Kop, E. Thiébaut, A.M. Toniolo, et J. Tournois (Eds.), *Questions de psychologie différentielle.* Rennes : Presse Universitaire de Rennes.

Rozencwajg, P., & Huteau, M. (1996). Les heuristiques globales, analytique et synthétique dans les cubes de Kohs. *Psychologie Française, 41,* 57-64.

Sander, E. (2000). *L'analogie, du Naïf au Créatif*, Paris : L'Harmattan.

Seron, X., Van der Linden, M., & Andrès, P. (1999). Le lobe frontal : à la recherche des spécificités fonctionnelles. In M. Van der Linden, X. Seron, D. Le Gall et P. Andrès (Eds.). *Neuropsychologie des lobes frontaux.* Marseille : Solal, 33-88.

Siegler, R. S. (1999). Strategic development. *Trends in Cognitive Sciences, 3,* 430- 435.

Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1995). *Defining the crowd*. New York: Free Press.

Wertheimer, M. (1959). *Productive Thinking* [enlarged ed.]. Chicago : The University Press of Chicago.

Wilkinson, D. T., Halligan, P. W., Marshall, J. C., Büchel, C., & Dolan, R. J. (2001). Switching between the forest and the trees: Brain systems involved in local/global changed-level judgements. *Neuroimage, 13*, 56-67.

Zamani, M. (1999). *La découverte des propriétés pertinentes de la tâche : exemples du test du passalong.* Thèse de Doctorat d'université de Paris 8.

Zamani, M., Richard, J-F. (1997). Analyse des stratégies de résolution dans le test du Passalong, *in* J. Juhel, T. Marivain et G. Rouxel (Eds.), *Psychologie et différences individuelles*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes, 89-92.

Zanga, A., Richard, J-F., & Tijus, C. (2004). Implicit learning in rule induction and problem solving. *Thinking and Reasoning, 10*, 55-83.