

**Pas d'habiletés nouvelles sans habiletés préalables,  
mais des habiletés simultanément pratiques et conceptuelles**

«...le triomphe de l'homme a été de faire de sa main une servante de plus en plus habile  
de ses pensées de fabricant » André Leroi-Gourhan (1964)

Pierre Mounoud (Université de Genève)

<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>Rôle des structures préalables dans la construction de structures nouvelles: perspective piagétienne</b>	<b>3</b>
<i>Une illustration: les conduites de préhension</i>	<i>4</i>
<i>Distinctions entre deux types d'intelligence ou de connaissances</i>	<i>5</i>
<b>La construction d'instruments simples chez les enfants de 4 à 9 ans</b>	<b>7</b>
<i>Le bocal</i>	<i>8</i>
<i>Anticipation des moyens</i>	<i>9</i>
<i>La trappe</i>	<i>12</i>
<i>Synthèse</i>	<i>17</i>
<b>Connaissances scientifiques et techniques: perspectives historiques</b>	<b>18</b>
<i>Histoire des techniques (Gille, 1978)</i>	<i>19</i>
<i>Le savoir de la main (Halleux, 2009)</i>	<i>20</i>
<i>The Mindful Hand (Roberts, et al., 2007)</i>	<i>21</i>
<i>Science et Technique (Russo, 1978)</i>	<i>22</i>
<i>Les mains de l'intellect (Jacob, 2011)</i>	<i>22</i>
<b>Remarques conclusives</b>	<b>22</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>24</b>

## Résumé:

Le titre de mon exposé reformule le postulat central de la théorie de Piaget selon lequel la construction d'une structure nouvelle ne serait possible qu'à partir d'une structure préalable relative au même type de problème. J'expliquerai tout d'abord comment Piaget a utilisé ce postulat comme fondement de ses travaux relatifs à la naissance de l'intelligence. Puis j'illustrerai ce processus au moyen du développement des conduites de préhension. J'examinerai ensuite quelques oppositions entre intelligence sensorimotrice ou pratique et intelligence conceptuelle ou représentative et remettrai en question l'utilisation des termes "pratique" et "conceptuel" pour différencier des systèmes de connaissances de différents niveaux de développement. Mes recherches sur la construction d'instruments simples chez des enfants de 4 à 9 ans illustreront de façon plus détaillée les cheminements par lesquels s'élaborent de nouvelles habiletés à partir d'habiletés préexistantes (simultanément pratiques et conceptuelles).

Je terminerai mon exposé en évoquant des problèmes relatifs à l'histoire des connaissances scientifiques et techniques comparables à ceux évoqués à propos des habiletés pratiques et conceptuelles.

## Introduction

La préhension sous contrôle visuel telle que réalisée par les bébés d'une année est une habileté nouvelle qui devrait être considérée comme tout autant cognitive que motrice et perceptive. Au cours du développement de cette habileté nouvelle, le bébé acquiert d'une part ce qu'on appelle habituellement des «savoir-faire» ou «habiletés motrices» d'une grande complexité, la préhension proprement dite. Et, d'autre part, le bébé acquiert simultanément ce qu'on appelle habituellement des «savoirs», tels que la constance des formes et des grandeurs à l'âge de 3 mois, ou encore l'acquisition de la permanence des objets (situation AnonB) entre les âges de 8 et 12 mois. Ces acquisitions s'accompagnent bien entendu de dimensions émotionnelles, affectives, sociales et langagières.

Or il existe déjà à la naissance des formes préexistantes de toutes ces différentes habiletés telles que la préhension précoce, les constances perceptives, ainsi que des formes précoces de permanence de l'objet (qualifiées de "pratique" par Piaget (1937)) telle que par exemple la permanence du contact visuel avec un objet qui se déplace (cf. le réflexe oculo-céphalogyre).

On peut comprendre comment les habiletés "préexistantes" et les habiletés "nouvelles", à la fois si proches et si lointaines, ont conduit les chercheurs vers des options épistémologiques opposées: préformistes, extractionnistes, constructivistes. Pour sortir de ces divergences, il faudrait au préalable:

- admettre que les habiletés qui préexistent sont néanmoins différentes des habiletés construites

- admettre que ce sont les habiletés préexistantes qui rendent initialement possible les interactions entre le bébé et ses environnements
- admettre que les habiletés préexistantes jouent un rôle dans la construction des nouvelles habiletés (à la manière des gènes architectes dans l'embryogenèse)
- considérer que les nouvelles habiletés construites ne sont pas seulement des habiletés conceptuelles, et celles qui préexistent des habiletés pratiques
- comprendre enfin que les habiletés qui préexistent doivent aussi être considérées comme résultant nécessairement d'une genèse. En ce qui concerne les habiletés "réflexes" préexistantes, elles ont une histoire phylo et embryogénétique au cours de laquelle des habiletés conceptuelles et des savoir-faire pratiques en grande partie inséparables ont forcément dû intervenir.

### **Rôle des structures préalables dans la construction de structures nouvelles: perspective piagétienne**

Parmi les déterminants multiples des comportements humains, on peut s'interroger sur l'existence, l'importance et les rôles des comportements dits « préexistants » ou « précurseurs » à l'acquisition de comportements que l'on va qualifier ici de « nouveaux ».

Il est habituel de caractériser le développement de l'enfant par l'apparition de toute une succession de comportements « nouveaux » tels que : les premiers sourires, les premiers pas, les premiers mots, les premières phrases, etc. Le développement des comportements de l'enfant est généralement décrit comme une transition d'un état où le comportement est considéré comme absent jusqu'à un état où le comportement est considéré comme acquis, en distinguant éventuellement des niveaux d'expertise et des degrés d'automatisation.

Toutefois, on oublie souvent que pour tout comportement « nouveau », tel que marcher, parler, lire, écrire, additionner, s'orienter, il existe des comportements préexistants ("précurseurs", "pré-requis") dont la structure ou l'organisation prédétermine en partie le comportement à acquérir, ou constitue tout au moins une condition nécessaire et non suffisante à son acquisition.

Pour traiter ce problème, je partirai de deux postulats formulés par Piaget:

- pas de structures nouvelles sans structures préalables
- pas de structure sans genèse (autrement dit toute structure a une genèse)

Signalons que Piaget a souvent minimisé la complexité des structures ou conduites préalables par crainte du préformisme. De mon point de vue, le niveau de complexité des structures préalables ne menace pas nécessairement le caractère nouveau des structures construites. Il me semble au contraire que la complexité initiale des comportements préexistants détermine la diversité des dimensions du milieu pouvant intervenir dans cette construction et la diversité des traitements réalisables par le sujet.

C'est ainsi que le nouveau-né par exemple, dispose de structures réflexes automatiques (construites au cours de la phylogénèse et de l'embryogénèse) qui assurent de façon efficace son adaptation à toute une série de situations. De ce point de vue il peut être considéré comme «compétent» ou «mature». Toutefois cette adaptation n'est que relative et les structures héritées sont inadaptées par rapport à bien d'autres situations pour lesquelles le bébé ne dispose donc pas de solutions satisfaisantes. Piaget parle à ce propos de déséquilibres entre les structures (ou capacités) préexistantes du bébé et les situations problématiques qu'il rencontre et auxquelles il doit s'adapter. Ce sont ces états de déséquilibres qui déclencheraient selon lui des processus de rééquilibration.

Je vais tenter d'illustrer la reconstruction d'une structure nouvelle à partir d'une structure préalable à partir des comportements de préhension.

### **Une illustration: les conduites de préhension**

Les comportements de préhension sont des comportements complexes faisant intervenir plusieurs habiletés élémentaires coordonnées entre elles: la poursuite visuelle d'un objet en déplacement, l'approche de la main ainsi que la capture manuelle de l'objet.

La genèse de ce comportement a été remarquablement décrite dans les années trente du siècle dernier par Halverson (Halverson, 1931). C'est à l'âge de 12 mois que Halverson situait l'émergence de l'habileté de préhension plus ou moins comparable à celle de l'adulte et se caractérisant par un pattern parfaitement intégré. Or il se trouve qu'une habileté préexistante de préhension chez le nouveau-né avait déjà été décrite au début du siècle dernier, en particulier par Halverson lui-même. Cette habileté du nouveau-né, appelée précoce, n'a été mise en évidence de façon expérimentale que dans les années 1970-1980, en particulier par Claes von Hofsten (Hofsten, 1982). Cette préhension précoce réalise les trois fonctions principales de cette activité complexe : la capture visuelle de l'objet, ainsi que l'extension du bras et simultanément l'ouverture puis la fermeture de la main projetée en direction de l'objet.

A partir de cette habileté préexistante manifestée par le bébé au cours de ses premiers jours d'existence, le développement ultérieur des comportements de préhension s'accompagne d'une dissociation progressive des coordinations initiales; il est question de découplages, de ruptures des synergies, d'individualisation de patterns (partial pattern individualized), d'inhibition des réactions réflexes et automatiques, etc. (Mounoud, 1983, 1993, 1994). Tout se passe comme si le bébé initiait par ces dissociations une démarche d'expérimentation.

A ces descriptions en terme de rupture ou d'inhibition succèdent des descriptions à nouveau en termes de composition, coordination, intégration, synergie, séquentialisation, qui manifestent l'émergence des habiletés souvent décrites comme conscientes et volontaires.

A partir de cette illustration, il est possible de récapituler les descriptions évoquées de la façon suivante :

- il existe à la naissance des comportements précurseurs qualifiés d'automatiques ou de réflexes
- il apparaît au début de la seconde année des comportements décrits comme « volontaires », ou contrôlés consciemment.

Je n'ai fait ici qu'amorcer l'histoire de la préhension. On peut observer les étapes ultérieures du développement de la préhension durant la deuxième, la troisième et la quatrième année, en particulier dans des activités d'encastrement d'objets: encastnements simples tout d'abord qui nécessitent l'activité différenciée et conjuguée des deux mains (deuxième année); puis encastnements complexes d'objets de tailles variables qui nécessitent la planification de séquences d'actions au cours de la troisième et de la quatrième année (Greenfield, Nelson, & Saltzman, 1972). Il s'agit d'exemples de ce que j'appelle «préhension complexe».

De façon schématique il est possible de dire que les comportements initiaux préexistants sont principalement sous la dépendance de structures sous-corticales responsables des régulations automatiques; les comportements nouveaux contrôlés de façon consciente sont principalement sous la dépendance de structures corticales et de systèmes conscients de régulations attentionnelles (Shallice, 1991). Ce sont ces régulations attentionnelles qui vont rendre possible la construction de nouvelles représentations et de nouveaux programmes, c'est à dire de nouvelles habiletés conceptuelles et pratiques.

### **Distinctions entre deux types d'intelligence ou de connaissances**

Les psychologues ont opposé dès le début du siècle passé deux types de connaissances ou d'intelligences, le plus souvent qualifiés d'*intelligence pratique ou concrète* (ou encore intelligence des situations) et d'*intelligence conceptuelle ou représentative* (ou discursive ou verbale).

Ces deux types d'intelligences ont été utilisés entre autres:

- pour opposer des niveaux de développement
  - soit entre espèces, les singes supérieurs et l'homme (Köhler, 1917, 1927)
  - soit au sein de la même espèce, pour caractériser des étapes de la phylogenèse dans les études ethnographiques sur la genèse des premiers instruments (homo habilis et homo sapiens) (Leroi-Gourhan, 1964)
- pour opposer des étapes de l'ontogenèse (J. Piaget, 1936) (Rey, 1934) (Wallon, 1945)

Les oppositions entre connaissances pratiques et connaissances conceptuelles ont été le plus souvent utilisées dans le passé pour distinguer des étapes différentes d'un processus de développement. Ces oppositions ont aussi été utilisées pour opposer des systèmes coexistants de connaissances, mais considérés comme étant de nature différente, et nettement dissociés.

Chez Piaget (1936) on trouve simultanément ces deux conceptions (différences de niveau et de nature versus différence de nature). D'une part Piaget a opposé *l'intelligence sensorimotrice* (non symbolique) construite par le bébé à *l'intelligence représentative* (symbolique) de l'enfant plus âgé, la seconde (nouvelle) dérivant de la première (préalable). Et, d'autre part, il a considéré qu'au-delà du stade sensorimoteur, qui se termine autour de 18 mois selon lui, le développement de l'intelligence sensorimotrice se prolongeait en *intelligence pratique* « qui subsisterait sous les réalités verbales ou conceptuelles » .

La théorie de Piaget semble orientée avant tout vers une valorisation des activités sensorimotrices que Piaget considèrait comme l'origine et le fondement de l'intelligence conceptuelle: « C'est de l'action que procède la pensée en son mécanisme essentiel qui est le système des opérations logiques et mathématiques, et c'est donc à l'analyse des actions élémentaires et à leur intériorisation ou mentalisation progressive à nous révéler le secret de ces notions » (Jean Piaget, 1950, Introduction à l'épistémologie génétique, vol.1, p. 21-22). Toutefois on sait que Piaget, au-delà de la période sensorimotrice, n'a étudié et valorisé que le développement de ce qu'il appelait l'intelligence représentative (ou pensée ou raisonnement) n'ayant que peu ou pas d'intérêt pour ce qu'il appelait l'intelligence pratique. Lorsque Piaget entreprend ses travaux sur l'histoire des connaissances humaines (son épistémologie), il s'intéresse avant tout à l'histoire de la pensée qui selon lui est liée au langage. Lorsque Piaget déclare que l'intelligence sensorimotrice, non verbale et non symbolique, se prolonge tout au cours de la vie comme intelligence pratique mais de façon indépendante de l'intelligence représentative ou conceptuelle, on mesure à quel point il était peu disposé à inclure les connaissances pratiques et techniques dans l'histoire de la pensée.

A la même époque, Rey (Rey, 1934) a développé un point de vue assez proche, mais symétrique en quelque sorte, de celui de Piaget (dont il avait connaissance par le manuscrit de « La naissance de l'intelligence» que Piaget lui avait prêté), opposant au développement des *conduites pratiques* « qui permettent de résoudre la majorité des problèmes que pose la vie courante », le développement d'une *pensée rationnelle* considérée comme « prise de conscience plus ou moins heureuse des relations dirigeant l'activité » (p. 222). Rey considérait toutefois contrairement à Piaget que la pensée rationnelle pouvait faciliter en retour les conduites pratiques. Enfin Rey insistait sur le fait que les conduites pratiques une fois élaborées pouvaient ensuite s'automatiser, l'automatisation s'accompagnant d'un retrait de l'intelligence active.

Dès 1968, dans ma thèse de doctorat (Mounoud, 1970, 1977), j'ai remis en question l'idée d'utiliser l'opposition entre "pratique" et "conceptuel" pour différencier des *systèmes de connaissances* de nature et/ou de niveaux différents, comme par exemple avec ou sans représentation symbolique (comme l'ont fait en particulier Piaget et Wallon).

Par contre je considérais que l'utilisation des qualificatifs «pratique» et «conceptuel» pouvaient être tout à fait adéquats et nécessaires pour définir deux modes de fonctionnement complémentaires et concomittants qui interviennent dans l'apprentissage de toute habileté manuelle ou conceptuelle:

- une démarche caractérisable par des activités plutôt pratiques d'exploration et d'expérimentation destinées à identifier certains aspects, certaines dimensions d'une situation problématique. Rappelons que ces explorations sont en partie dirigées par des habiletés préexistantes.
- une démarche concomittante caractérisable par la mise en oeuvre d'activités déductives et inductives à partir desquelles sont planifiées les actions matérielles ou mentales à exécuter.

Une fois acquis un certain niveau d'expertise, les nouvelles habiletés peuvent s'automatiser et ne nécessitent plus forcément le recours à l'ensemble des cheminements pratiques et activités conceptuelles qui ont permis de les constituer; elles ne nécessitent plus de réactivations conscientes et utilisent des raccourcis ou des routines (ce qu'exprimait Rey en terme de retrait de l'intelligence active).

Modifier la signification de l'opposition entre connaissances pratiques et connaissances conceptuelles, si fortement ancrée dans l'histoire de la psychologie et des sciences humaines, n'est pas chose facile. Je pense qu'aujourd'hui, l'idée d'une différence diachronique de niveau de développement ou d'une différence diachronique ou synchronique de nature profonde entre connaissances pratiques et connaissances conceptuelles est encore prédominante. De mon point de vue, il est préférable de les considérer comme deux démarches complémentaires et difficilement séparables de construction de nouvelles habiletés.

### **La construction d'instruments simples chez les enfants de 4 à 9 ans**

Avant d'illustrer mon point de vue au moyen d'exemples, je vais faire brièvement quelques commentaires de nature méthodologique. Certaines situations expérimentales sont plus propices que d'autres pour mettre en évidence la façon dont se construisent de nouvelles habiletés conceptuelles et pratiques au cours du développement.

Par exemple ces dernières années j'ai utilisé le paradigme d'amorçage avec des tâches de dénomination ou de décision catégorielle pour étudier le rôle des actions perçues ou évoquées dans la reconnaissance des objets chez des enfants âgés de 5 à 12 ans et de jeunes adultes (Mounoud, Duscherer, Moy, & Perraudin, 2007; Perraudin & Mounoud, 2009). Or ce type de paradigme qui permet de mettre en évidence des changements importants au cours du développement (variations des effets des amorces), ne fournit aucune information sur les mécanismes qui les déterminent. Par contre un paradigme d'associations verbales à partir de verbes d'action, que j'ai utilisé parallèlement à celui d'amorçage, pour comprendre la nature et la force des liens entre les verbes et les mots qui leur sont associés chez des enfants de 5 à 11 ans et de jeunes adultes, permet lui de

recueillir des indices relatifs à l'origine des changements observés (Duscherer, Khan, & Mounoud, 2009; Duscherer & Mounoud, 2006).

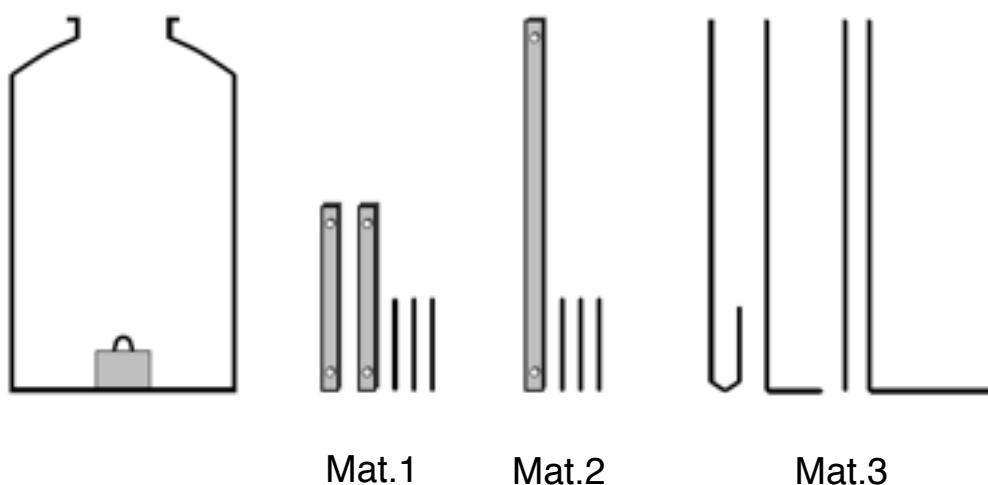
Pour moi les situations les plus favorables pour étudier l'origine des transformations sont celles qui permettent tout d'abord à l'enfant d'évaluer la valeur de ses performances en termes de réussites ou d'erreurs, qui lui permettent ensuite de compléter ou de corriger sa performance. en d'autres termes d'effectuer des régulations de ses actions ainsi que de modifier sa compréhension de la situation. Il est indéniable que les situations de résolution de problèmes pratiques sont idéales pour de tels objectifs. C'est la raison pour laquelle je m'étais intéressé aux situations de construction d'instruments simples pour la résolution de problèmes pratiques (Mounoud, 1970). Il faut toutefois signaler que les instruments constituent une catégorie particulière d'objets, intermédiaire entre les actions du sujet et les situations sur lesquelles ils interviennent.

On peut définir l'instrument comme tout objet que le sujet associe à son action pour l'exécution d'une tâche. L'instrument constitue ainsi une sorte d'univers intermédiaire entre sujet et objet : il s'associe aux actions du sujet qu'il transmet à d'autres objets, il se substitue à certaines actions du sujet dont il remplit les fonctions et enfin il entretient des rapports de complémentarité avec les objets sur lesquels il s'applique.

### **Le bocal**

La première expérience réalisée n'est pas nouvelle. J'avais repris le matériel d'un test de A.Rey intitulé «Choix et confection d'instruments», inspiré d'une expérience préalablement réalisée pour sa thèse (Rey, 1934).

L'épreuve, présentée à des enfants de 4 à 8 ans, consiste à construire un instrument du genre crochet à partir de différents matériels pour sortir d'un bocal d'étroite embouchure un petit plot surmonté d'un anneau. La tâche nécessite de résoudre trois problèmes: atteindre le plot, l'accrocher et l'extraire. L'instrument doit rendre possible l'atteinte et la prise et transmettre l'action de tirer.





Les matériels sont présentés aux sujets dans un ordre de complexité décroissante.

Le premier matériel (Mat. 1), donc le plus complexe, est constitué par deux baguettes égales (10 cm chacune) atteignant ensemble la hauteur du bocal (20 cm) et percées latéralement de petits trous à chaque extrémité et de trois fils métalliques souples (5 cm chacun). La solution consiste à attacher les deux baguettes au moyen d'un des fils de fer et à fixer un deuxième fil de fer à l'extrémité inférieure en le recourbant convenablement, de façon à pouvoir crocher le plot par son anneau.

Le second matériel (Mat. 2) est constitué par une baguette de même hauteur que le bocal, percée latéralement d'un petit trou à une de ses extrémités et des trois fils métalliques souples du matériel. La solution consiste à fixer un fil métallique à l'extrémité de la baguette en le recourbant convenablement.

Le troisième matériel (Mat. 3) est composé de quatre tiges métalliques rigides de même hauteur que le bocal. Trois tiges ont leur extrémité recourbée mais chacune différemment, une seule est adéquate; la quatrième tige est toute droite. Il ne s'agit donc pas de construire mais de choisir un instrument et de l'essayer.

L'expérience se déroule en trois étapes:

1. Le bocal contenant le plot surmonté d'un anneau est présenté seul. On demande au sujet d'anticiper les moyens permettant de sortir le plot. La moitié des sujets seulement ont passé par cette première étape, de façon à pouvoir contrôler le rôle éventuel de ces anticipations sur les réalisations ultérieures.

2. On présente ensuite successivement les différents matériels (dans l'ordre 1-2-3) jusqu'à ce qu'on obtienne une réussite.

3. Après la réussite on présente à nouveau au sujet les matériels avec lesquels il n'est pas parvenu au but (dans l'ordre 2-1).

Pour les étapes 2 et 3 on demande aux sujets d'expliquer les raisons de leurs échecs ou de leurs réussites.

#### Anticipation des moyens

Je présenterai principalement la première étape de l'expérience, appelée "anticipation des moyens"; et j'évoquerai les choix et les essais réalisés par les plus jeunes des enfants avec les 4 tiges du matériel 3, ce qui fournit un complément nécessaire d'information.

L'analyse des moyens anticipés par les enfants pour la réalisation de l'épreuve me paraît essentielle pour comprendre ultérieurement la signification de leurs conduites.

Des catégories très différentes d'instruments ont été proposées par les enfants. Si on peut faire l'hypothèse que l'instrument anticipé reflète les concepts au moyen desquels l'enfant assimile la situation, il y a pourtant la possibilité de se méprendre sur la signification des instruments si on ne questionne pas l'enfant sur la façon dont il utiliserait l'instrument évoqué en anticipation. Les

catégories d'instruments évoqués et l'utilisation que le sujet veut en faire définissent chacune des relations différentes entre le sujet et les objets en terme des propriétés attribuées à l'instrument et à ses propres actions. Dans les anticipations, ce n'est pas seulement les catégories d'instruments qui changent, mais aussi les fonctions remplies directement par l'enfant au travers de ses actions.

Les réponses anticipatoires données par les enfants évoluent considérablement avec l'âge; on passe des bâtons ou tiges, prototypiques des enfants de 4 ans, à des pelles et cuillères à 5 ans, puis à des pinces ou tenailles à 6 ans, pour aboutir aux cannes à pêche, avec un fil et un crochet à 7 et 8 ans.

Ces différentes réponses permettent de caractériser les principaux changements intervenant dans la compréhension de la situation par les enfants au cours du développement, et surtout quels aspects de la situation sont pris en compte lors de ces différentes anticipations.

Les instruments de la **première catégorie** (proposés majoritairement par les enfants de 4 ans), de type bâtons ou tiges, concernent le problème de l'atteinte le plot. L'instrument a comme rôle de prolonger le bras. Ce rôle est relativement minime par rapport aux actions des enfants destinées à prendre et à extraire le plot de la bouteille. Lorsqu'ils sont confrontés aux 4 tiges du matériel 3, les enfants de cet âge choisissent généralement la tige droite. Lorsqu'une des 3 autres tiges est essayée, elle est généralement retournée, les parties courbées étant identifiées en tant que poignée. Avec la tige droite, les enfants se livrent à de nombreuses manipulations pour tenter de sortir le plot en prenant appui contre les parois du bocal, ou en essayant d'introduire la tige dans l'anneau du plot. Ces enfants expliquent souvent leurs échecs en disant « on peut, mais j'arrive pas », considérant que l'instrument remplit la fonction qui lui est attribuée, et que l'échec incombe à leur action. Lorsqu'on demande s'il y aurait tout de même un moyen de parvenir à sortir le plot, la réponse est « il faudrait une plus grande tige » ! Lorsque les enfants de 5 ans utilisent finalement l'instrument correct, ils l'utilisent comme la tige droite (cf. ci dessus) en hissant le plot contre la paroi du bocal après avoir introduit le crochet dans l'anneau. Les instruments de la **seconde catégorie** (proposés majoritairement par les enfants de 5 ans), pelles et cuillères, concernent les problèmes d'atteinte et de prise du plot afin de le transporter hors de la bouteille. Après l'atteinte, c'est la prise elle-même qui est attribuée à l'instrument, atteinte et prise sont intégrées, l'extraction devant être réalisée par les actions exécutées par l'enfant au moyen de l'instrument. L'instrument n'est plus simplement le prolongement du bras, mais également le prolongement de la main. La part de réalisation du problème dévolue à l'action du sujet s'en trouve par conséquent diminuée. Confrontés aux 4 tiges du matériel 3, la plupart des enfants choisissent la tige fortement recourbée et déclarent « parce qu'elle a un crochet »; pour les enfants de cet âge, un crochet doit être « crochu » et « crochant »! Avec la longue baguette du Mat. 2 plusieurs enfants confectionnent (simulent ou figurent) une « pince » à son extrémité au moyen d'un des fils métallique dont ils modifient l'écartement en espérant saisir le plot par son anneau. Avec les deux baguettes du Mat.1, c'est de la colle que les enfants sollicitent pour joindre les deux baguettes.

Prolongeant directement ces deux premières catégories, les deux suivantes en diffèrent pourtant considérablement. Alors que l'attribution des différentes fonctions a donné naissance à un instrument reproduisant la succession des actions auxquelles il se substitue, en d'autres termes définis par des propriétés fonctionnelles, il va devenir un objet ayant des propriétés indépendantes de l'action et pouvant la transmettre.

La **troisième catégorie** (proposée majoritairement par les enfants de 6 à 7 ans) est constituée par des instruments du type pince. La pince est un instrument qui possède pour les sujets une propriété essentielle: reproduire à distance l'action qu'on lui imprime et la transmettre. On passe donc d'une simulation de l'action par l'instrument à une transmission de l'action; organisation radicalement nouvelle qui marque l'apparition de ce que l'on pourra véritablement appeler un instrument. L'action propre retrouve ainsi une place prépondérante, la pince ne faisant en quelque sorte que la reproduire, ce qui permet à l'enfant dans ses commentaires de négliger pour ainsi dire la participation de l'instrument : « j'ouvre la tenaille et puis je prends le bout de bois (plot) », dit *Dub (5;11)*; *Fra (7;1)* dit: « je le pincerai (le plot) puis je tirerai la pince » . Ces propos montrent clairement que la dissociation entre l'action propre et les propriétés de l'objet n'est pas complète. Néanmoins l'enfant se préoccupe des relations entre instrument et dispositif: *Bal (8;0)* déclare qu'il faut « quelque chose assez mince pour entrer et pour prendre »; *Fra (7;1)* déjà cité ci-dessus, après avoir anticipé une pince y renonce en déclarant: « non, c'est trop grand (= large) » .

Cette recherche de complémentarité entre l'instrument et le dispositif conduit l'enfant à la **quatrième catégorie** d'instruments (proposée majoritairement par les enfants de 7 à 8 ans) du type canne à pêche (canne + fil + crochet) qui marque la fin de cette évolution. Alors que la complémentarité avec le dispositif était encore globale et relative dans la catégorie précédente, en particulier l'anneau fixé sur le plot n'était pas pris en compte, cet anneau devient primordial et c'est en rapport avec lui que le crochet est anticipé. Dans leurs anticipations ces sujets dissocient complètement les fonctions remplies par l'instrument (atteinte et prise), des actions qu'il transmet (extraction). Voici un bel exemple: *Lon (8;11)*, en dessinant sa canne à pêche, fait les commentaires suivants: « un bâton, la ficelle qui descend, un crochet puis ça l'accroche »; il explique alors son utilisation: « j'enfile le crochet là-dedans (anneau) puis après je tire en haut ».

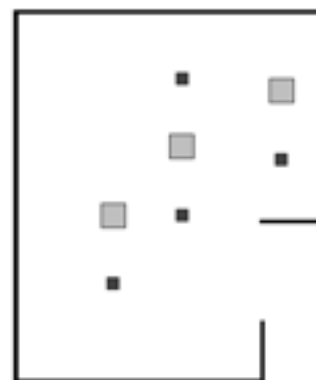
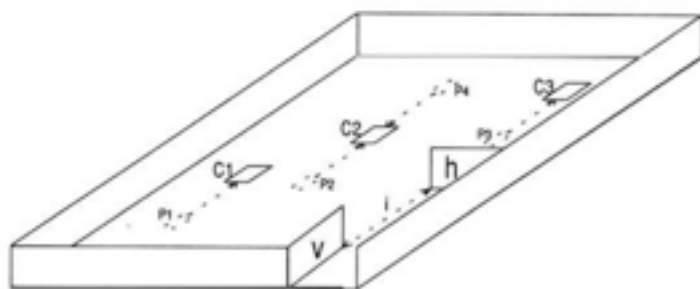
D'une certaine façon, ces différentes anticipations peuvent être considérées comme innovatrices et créatrices; néanmoins, dans le développement cognitif, elles illustrent une évolution très comparable à celle observée au moyen des autres techniques de l'expérience (étapes de constructions et d'explications des choix). Les anticipations, les constructions et les choix sont déterminés par des modifications profondes dans la compréhension et les représentations de la situation: d'instruments auxquels les 'enfants attribuent des fonctions et des pouvoirs, et qui se substituent en quelque sorte à leurs actions, ils parviennent ensuite à concevoir et à construire des

instruments définis par un certain nombre de propriétés (spatiales, physiques) adaptées à la situation dans laquelle ils s'insèrent et susceptibles de transmettre les actions.

### La trappe

La seconde situation expérimentale que j'avais étudiée consiste à demander à des enfants âgés de 4 à 9 ans de déplacer un petit cube situé derrière différents obstacles au moyen d'un instrument. Il s'agit d'une situation qui appartient à la famille des "conduites de détour". (Mounoud, 1996)

Comme on le sait, contourner un obstacle peut être réalisé de différentes manières. Chez le bébé, par exemple, il est courant de distinguer le détour dit manuel (exécuté avec le bras) et le détour locomoteur (exécuté avec le corps entier) (Lockman & Ashmead, 1983). De plus, le détour manuel peut être réalisé avec ou sans intermédiaire prolongeant le bras, comme l'avaient expérimenté Guillaume et Meyerson (Guillaume & Meyerson, 1930). L'étude de ce type de situation a été reprise par Diamond (Diamond, 1988) et Diamond et Gilbert (Diamond & Gilbert, 1989) sous le terme de «recherche de l'objet» (object retrieval).



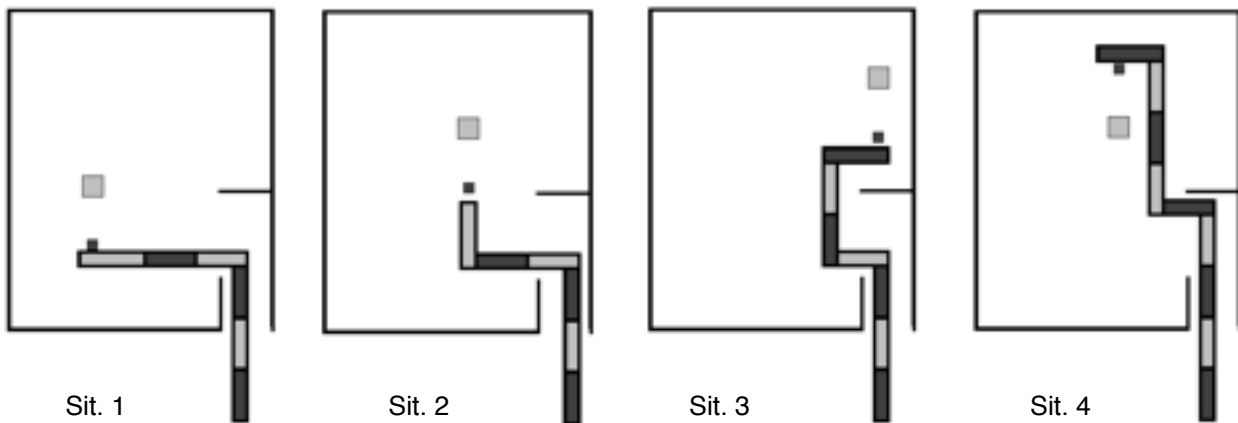
Le dispositif utilisé pour mon expérience se présente sous la forme d'une boîte (sans couvercle) dont la base rectangulaire mesure 25 x 30 cm et la hauteur 4 cm.

Sur une des parois latérales de la boîte a été aménagée une ouverture large de 5 cm et deux cloisons (v et h) ont été ajoutées à l'intérieur, de façon à réaliser un petit couloir d'entrée. Sur le fond de la boîte on a collé trois carrés de différentes couleurs (c1, c2, c3). On dispose d'un petit cube de bois noir de 1 cm de côté pour lequel différents emplacements sont prévus (p1, p2, p3 et p4). La tâche consiste à déplacer le cube d'une de ces positions jusque sur le carré (cible) qui se trouve juste en dessus ou en dessous de lui, au moyen d'un instrument que le sujet doit préalablement construire. Quatre situations sont donc réalisables : de p1 à c1 (sit. 1), de p2 à c2 (sit. 2), de p3 à c3 (sit. 3) et de p4 à c4 (sit. 4). Ces différents déplacements doivent s'effectuer au moyen d'instruments (tiges coudées) que l'on actionne de l'extérieur par l'ouverture latérale après avoir posé l'instrument dans la boîte. L'amplitude de ces déplacements (5,5 cm) est toujours la même. Seule varie la nature des

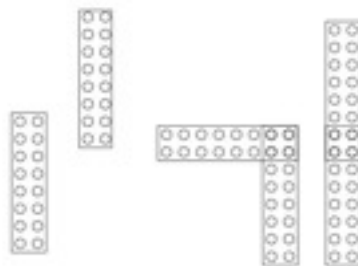
détours à réaliser pour atteindre le cube. Précisons que les différents détours possibles réalisés par l'instrument pour atteindre le cube ne sont pas nécessairement tous adéquats pour permettre son déplacement compte tenu des rapports entre les différents segments de l'instrument et la structure du dispositif.

Les instruments sont construits au moyen de petites plaquettes rectangulaires en plastique appelées légos, toutes identiques, de 16 x 64 mm, qui peuvent s'emboîter les unes sur les autres (par un système de bouton-pression), soit en prolongement les unes des autres, soit à angle droit. (NB. - Lego est à l'origine la marque de fabrique de ce matériel. Comme il est devenu un terme générique, nous l'utiliserons comme nom commun.)

Voici les instruments réalisant les parcours les plus simples pour les quatre situations :



Après avoir fait décrire le matériel au sujet, on lui indique qu'il faut déplacer le cube de sa position initiale jusqu'à l'emplacement coloré au moyen de l'instrument construit, actionné depuis l'extérieur de la boîte. On lui demande alors en guise d'anticipation ce qu'il faudrait avoir pour déplacer le cube à distance. On lui montre ensuite une tige d'environ 30 cm. de façon à mieux saisir les limites de son anticipation (sans le laisser agir). Puis on lui propose de construire « quelque chose » qui lui permette d'exécuter la tâche au moyen de légos. Tous les enfants sont familiarisés avec les légos. Cependant, étant donné l'usage particulier qu'on en fait dans l'expérience, et le nombre élevé des possibilités d'assemblage, on précise au sujet qu'il n'y a qu'une variété de pièces et qu'elles doivent être assemblées soit en prolongement l'une de l'autre, soit à angle droit avec un recouvrement de 16 x 16 mm:



On précise qu'une fois l'instrument posé dans le jeu, il s'agira de l'actionner de l'extérieur sans passer par-dessus les cloisons. Pour mieux faire comprendre cette consigne aux plus jeunes on dispose d'un couvercle transparent que l'on pose sur le jeu une fois l'instrument introduit. La construction et les corrections de l'instrument s'effectuent en dehors de la boîte. La majorité des enfants ont été interrogés sur les quatre situations dans l'ordre 1 à 4, la première tenant lieu partiellement de démonstration.

Pour mieux saisir le degré et la nature de l'organisation dont l'enfant est capable, on le questionne sur les raisons de ses échecs et des corrections effectuées.

Quatre catégories de conduites ont été définies à partir des constructions et des corrections réalisées par les enfants. Chacune de ces catégories est représentative d'un âge donné.

**Une première catégorie** de conduites est caractéristique des enfants de 4 ans ( 90 % de leurs constructions). On peut la subdiviser en deux sous-groupes:

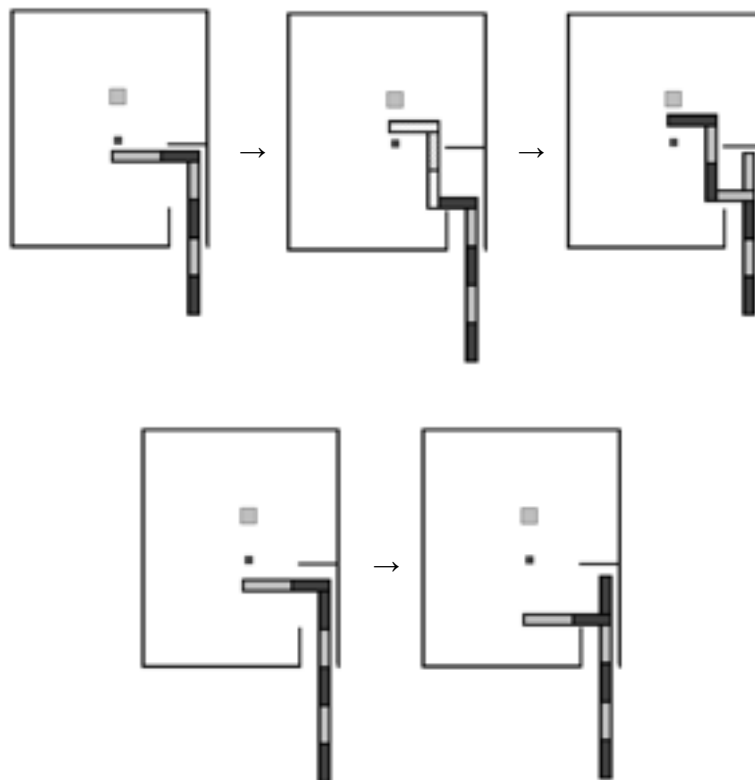
- Les constructions les plus rudimentaires sont de simples segments rectilignes («il faut quelque chose de long »), auxquels le sujet imprime des mouvements de rotation afin de contourner les obstacles. Les échecs sont souvent attribués par le sujet à son action. Les corrections consistent en adjonction ou suppression d'éléments pour allonger ou raccourcir l'instrument à sa partie distale. Modifier l'instrument exclusivement à sa partie distale par des adjonctions ou des suppressions révèle une conception bien particulière qui s'oppose comme on le verra plus loin à la modification de ses différentes parties ou de leurs rapports.
- Ensuite on voit apparaître des constructions coudées: «il faut quelque chose qui tourne », dont les différents segments sont rajoutés successivement les uns aux autres après essais successifs. L'instrument est donc construit par étapes. Les corrections consistent à nouveau en adjonction et suppression de segments toujours effectuées à l'extrémité de l'instrument.

**Une seconde catégorie** de conduites est caractéristique des enfants de 5 ans ( 50 % de leurs constructions). Il s'agit à nouveau de constructions coudées réalisées par étapes successives après essais; mais toutes les constructions se terminent par un segment vertical destiné à pousser le cube dans la direction souhaitée (« ça fait pousser », « ça peut pousser », disent les sujets). Chaque segment a un rôle précis : prolonger, contourner, atteindre, pousser. La conception de l'instrument est en quelque sorte morcelée ou fragmentée, les corrections sont toujours réalisées à l'extrémité de la construction. Plusieurs sujets détruisent entièrement leur construction pour la recommencer à nouveau. Un sujet va jusqu'à recommencer quatre fois sa construction. A chaque tentative, il parvient au même résultat insatisfaisant!

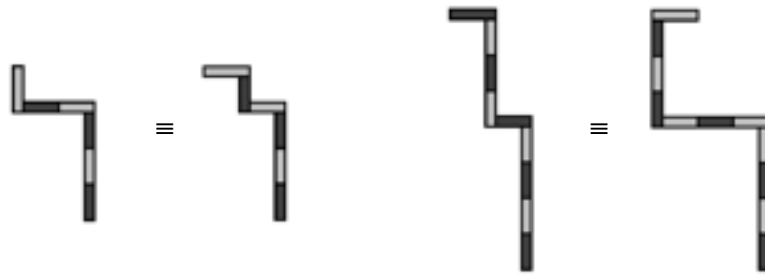
**Une troisième catégorie** de conduites est caractéristique des enfants de 6 ans ( 80 % de leurs constructions). L'instrument est construit d'emblée comme un tout (sans segment terminal destiné à pousser). « Je prends l'instrument puis ça tourne et puis je pousse », dit un sujet... « ça tourne et on peut pousser », dit un autre. Les corrections apportées se subdivisent en deux sous-groupes:

- les enfants vont tenter de raccourcir le premier segment de leur instrument (le «manche») lorsqu'ils butent contre l'obstacle horizontal; ceci dans le but, de leur point de vue, de supprimer la limitation de leur mouvement de poussée; cette correction, nécessairement sans effet, est répétée successivement à plusieurs reprises (inférence incorrecte), et les enfants ne cherchent pas à éloigner l'instrument de l'obstacle pour analyser les relations entre les autres segments et le dispositif. Ensuite les enfants, incapables de localiser l'origine des limitations de leur instrument, vont essayer de raccourcir et d'allonger systématiquement différents segments; on pourrait dire qu'il s'agit là d'une méthode expérimentale!
- puis les corrections se dirigent progressivement vers la prise en considération des rapports entre parties de l'instrument et du dispositif. Sans ajouter ou enlever d'éléments, les enfants tentent alors de modifier les positions relatives de deux parties de l'instrument.

#### Exemples de corrections



**La quatrième catégorie** de conduites est caractéristique des enfants de 7 ans et plus (60 % de leurs constructions). Comme pour la troisième catégorie, l'instrument est construit d'emblée intégralement. Mais aucune correction n'est effectuée sur le premier segment (ou «manche») de l'instrument comme c'était le cas précédemment, son allongement est reconnu sans conséquence sur la mobilité de l'instrument. Les sujets anticipent l'endroit précis où il faut poser l'instrument dans le dispositif pour pouvoir l'actionner. Ils sont capables de justifier l'équivalence de deux instruments de formes différentes.



Exemples d'instruments équivalents

Schématiquement l'évolution générale des conduites peut se caractériser par deux grandes étapes.

La première étape caractéristique des enfants de 4 et 5 ans, qui regroupe les deux premières catégories de conduite nous montre :

- comment les enfants abandonnent progressivement l'idée de pouvoir transmettre directement toutes leurs actions à l'instrument, simple prolongement de leur bras (transmission absolue) ;
- comment les sujets découvrent les fonctions remplies par leurs actions (prolonger, contourner, pousser) qui sont alors attribuées à l'instrument. L'instrument se substitue à l'action, il est doté en quelque sorte de pouvoirs. On pourrait dire qu'il est "prolongeant", "contournant", "atteignant", "poussant" ; les enfants découvrent ces différents aspects en cours de route, de proche en proche. Comme dans l'expérience du bocal, l'instrument construit reproduit le cheminement qui inclut le déplacement du cube ou la prise du plot.

Dans une seconde étape caractéristique des enfants de 6 à 9 ans, qui regroupe les deux dernières catégories de conduite, l'instrument acquiert une **signification d'ensemble** et perd son caractère fragmenté. Il est conçu comme un tout. Mais dans un premier temps les difficultés de déplacer correctement l'instrument inséré dans la boîte de façon à déplacer le cube sont référées à la longueur "inappropriée" d'un segment (d'une partie de l'instrument). Ces difficultés seront ensuite référées aux rapports existants entre les différents éléments du dispositif; ce qui amène l'enfant à corriger les rapports entre les différentes parties de l'instrument.

En résumé, au cours de la première étape l'instrument perd progressivement son pouvoir initial de transmission absolue dans la mesure où il se substitue en quelque sorte aux actions de l'enfant, actions qu'il est censé "réaliser". Par contre, dans la seconde étape l'instrument récupère un pouvoir relatif de transmission dans le sens où l'enfant devient capable de tenir compte et des propriétés de l'instrument et des propriétés de l'action qu'il lui imprime.

En espérant être parvenu à vous convaincre que les **habiletés** sont **simultanément pratiques et conceptuelles** et que leurs constructions au travers d'expérimentations ne sont pas concevables sans ces deux composantes, il est nécessaire maintenant de rappeler que de telles constructions ne



peuvent débiter que dans la mesure où le sujet dispose d'**habiletés préalables** relatives à une même catégorie de problème (à un même domaine de connaissance). Sans ces habiletés préalables, les interactions du sujet avec l'environnement seraient aléatoires. Or les enfants âgés de 4 ans, incapables de construire un instrument, peuvent néanmoins dans les deux situations expérimentales initier toute une série d'essais, de tâtonnements dirigés, en utilisant (par préférence) les instruments les plus rudimentaires, de simples tiges ou bâtons, qui leur permettent d'agir à distance en effectuant des mouvements destinés à hisser le plot (hauling up) dans le bocal, ou des mouvements de contournement (bypassing) d'obstacles dans la trappe, sans succès faut-il le rappeler. C'est néanmoins au cours de ces essais infructueux que les enfants prennent conscience (attention sélective) d'aspects de la situation qu'il ne considérait qu'à leur insu dans leurs actions automatisées.

### **Synthèse**

A partir du postulat de Piaget relatif à la genèse des structures nouvelles, j'ai présenté une conception du développement cognitif selon laquelle non seulement des habiletés préexistantes sont nécessaires au développement de nouvelles habiletés, mais aussi une conception selon laquelle les habiletés sont considérées à tous les niveaux comme ayant simultanément des composantes pratiques et conceptuelles.

Cette conception diverge de celle de Piaget qui qualifiait les structures réflexes préalables à la naissance de l'intelligence de "pratiques", et les nouvelles structures sensorimotrices de "objectives" ou de "mentales". Qualifier l'intelligence sensorimotrice de conceptuelle était de toute façon exclu pour Piaget, étant donné que les concepts étaient pour lui dépendants du langage et caractérisaient une intelligence représentative ne se développant qu'ultérieurement. C'est vers l'âge de 6-7 ans que Piaget situait l'apparition des premiers concepts.

Alors que la théorie de Piaget semble mettre tout l'accent sur le rôle primordial des actions matérielles dans l'origine des connaissances, jusqu'à considérer les actions comme origine des opérations logiques de notre pensée, les actions semblent toutefois perdre leur rôle central après les dix-huit premiers mois de vie du bébé, pour s'intérioriser et laisser le devant de la scène aux opérations de la pensée. C'est ainsi que Piaget a reproduit à sa façon un clivage entre activités matérielles et conceptuelles. La genèse de l'instrument s'effectue au travers des modifications des conceptions et des modes de constructions entraînés par les résultats obtenus au cours des essais. Ainsi lorsqu'une première construction déterminée par la conception initiale d'un enfant aboutit à un essai infructueux, elle va entraîner à son tour une modification de la conception initiale et ceci de façon récursive, jusqu'à ce qu'il atteigne la limite de ses compétences actuelles. Ayant utilisé une méthode que l'on appelle transversale, et qui consiste à prendre des enfants différents pour chaque âge, la genèse décrite est nécessairement une extrapolation faite à partir d'échantillons ou fragments de micro-genèses.

## **Connaissances scientifiques et techniques: perspectives historiques**

Dans cette dernière partie, j'aimerais mettre en parallèle les relations entre habiletés pratiques et conceptuelles au cours du développement de l'enfant avec les relations entre connaissances techniques et scientifiques au cours de leur évolution historique.

J'ai été frappé par la découverte accidentelle de trois livres récemment publiés et portant des titres qui ne pouvaient que retenir mon attention et éveiller ma curiosité:

- Le savoir de la main : savants et artisans dans l'Europe pré-industrielle (Halleux, 2009)
- The Mindful Hand: Inquiry and Invention from the Late Renaissance to Early Industrialisation (Roberts, Schaffer, & Dear, 2007)
- Lieux de savoir : Les mains de l'intellect (Jacob, 2011)

Vous comprendrez je pense l'étonnement provoqué par de tels titres, étant donné le peu d'intérêt porté par les chercheurs en sciences cognitives aux connaissances pratiques ou savoir-faire, en dehors de travaux réalisés chez l'animal, ce qui en dit long.

De façon plus générale, les réalisations techniques ou artisanales, les travaux artistiques ont pu être admirés et valorisés, mais n'étaient pas considérés comme apparentés aux activités scientifiques, ni aux démarches expérimentales; tout se passait comme s'il s'agissait de domaines totalement cloisonnés. Ces divisions entre connaissances scientifiques et connaissances technologiques introduites dans la tradition philosophique occidentale par les anciens grecs ont été renforcées par des idéologies religieuses ainsi que par des facteurs sociaux et politiques.

Parmi les exceptions à mentionner, la revue Leonardo ( <http://www.leonardo.info> ), fondée par Frank Malina en 1968, et son ensemble unique de publications rassemblant des réflexions et des interrogations sur les arts, les sciences et les techniques contemporains dans une perspective à la fois scientifique et humaniste. La revue fait précisément référence par son titre à Leonard de Vinci, une des figures emblématiques du rapprochement entre techniques, science et art.

On assiste actuellement à un engouement pour de tels rapprochements; et l'apparition récente dans les publications de toutes ces "mains" qualifiées d'intelligentes semble une revendication, une quête de reconnaissance de l'importance et de la complexité des activités pratiques, et plus généralement des activités liées aux actions.

On peut même parler de renversement de situation, ou de véritable révolution. Alors que les activités scientifiques ont été le plus souvent considérées comme les activités les plus prestigieuses de l'homme, et relevant d'une autre nature que les activités techniques, pragmatiques ou manuelles, on reconnaît finalement "l'intelligence de la main".

Ces changements majeurs de point de vue vont même parfois jusqu'à se traduire par une véritable inversion des rapports entre sciences et techniques, cf. "La technique et le temps" (Stiegler, 1994).

Un bref survol des trois livres précédemment évoqués, et d'un quatrième livre un peu plus ancien portant sur l'histoire des techniques, permettra d'évoquer l'évolution des points de vue à propos de ce clivage.

### **Histoire des techniques (Gille, 1978)**

Nous commencerons par présenter ce quatrième ouvrage révélateur des points de vue en vigueur dans les années soixante-dix.

Tout en déclarant que réussir un sabot et résoudre une équation relèvent d'une même démarche, Gille peine à revaloriser les connaissances techniques. Bien que les connaissances techniques résultent d'expérimentation, et donnent naissance à des raisonnements, elles se situent néanmoins selon lui sur un plan différent de celui des connaissances scientifiques, comme si elles étaient en quelque sorte moins fiables, ou moins valorisés.

Dans le chapitre intitulé "Essai sur la connaissance technique" Gille décrit l'évolution historique de différents savoirs techniques, dont en particulier ceux relatifs à la balistique, la résistance à la rupture des poutres, aux roues des moulins, aux leviers etc.; savoirs qu'il considère comme relatifs à des moyens de construction, et non comme relatifs à des savoirs théoriques (ce qui est un peu déconcertant).

Concernant les travaux relatifs à la flexion des poutres, Gille se réfère à une succession de travaux en partant du 1er siècle av. JC jusqu'au 19ème siècle. Les travaux de Vitruve (1er siècle av. JC), ou les travaux antérieurs rapportés par Vitruve, consistaient en des séries d'expériences ordonnées, avec variations systématiques de certains facteurs, tels que les sections, les encastremets etc, afin d'établir des données portant sur la résistance à la pression des poutres, à leur ligne élastique. Puis Gille saute au 15ème siècle pour arriver aux travaux d'Alberti (1401-1472) et de Léonard de Vinci (1452-1519), qui ont chacun repris des expérimentations systématiques pour rechercher les effets relatifs à la résistance des poutres à des sollicitations exercées par flexion ou traction; ils parvinrent à l'établissement de formules arithmétiques applicables, mais non démontrables. Gille qualifie les raisonnements de Leonard de Vinci d'intuitifs, puis d'analogiques, et parle d'approximations. Le problème est repris par Galilée (1564-1642), puis par Hooke (1635-1703), et enfin, d'une manière définitive selon la formulation de Gille, par Coulomb (1736-1806) et Navier (1785-1836). Il aura donc fallu vingt-et-un siècles, poursuit Gille, pour arriver à une théorie générale du problème posé, à des réponses formelles applicables dans tous les cas.

Comme on peut le constater, Gille adopte une position un peu rigide, qui établit une coupure entre connaissances pratiques et connaissances scientifiques, à partir d'un critère de degré de généralisation. De ce point de vue, tout se passe comme s'il avait fallu vingt-et-un siècles de production de connaissances techniques pour qu'enfin émergent des connaissances qualifiables de

scientifiques. Il s'agirait d'une illustration extrême du passage de savoirs préexistants à de nouveaux savoirs! Il s'agit plutôt me semble-t-il d'une succession de connaissances que l'on peut qualifier de scientifiques en cours d'élaboration (sous des formes plus ou moins satisfaisantes) construites à partir de méthodes expérimentales d'origine technique comme va l'exprimer Halleux 30 ans plus tard.

### **Le savoir de la main (Halleux, 2009)**

Ce livre est original et foisonnant d'idées, mais un peu difficile à circonscrire! La thèse centrale de l'ouvrage consiste à attribuer des origines artisanales à ce qu'on appelle la Révolution scientifique qui débute au 17<sup>ème</sup> siècle. Halleux consacre un long chapitre à l'origine technique de la méthode expérimentale, méthode dans laquelle « l'expérience est provoquée dans un but de contrôle » (cf. Claude Bernard, cité par Halleux, page 105).

Halleux reprend en partie l'interprétation de William Eamon dans son livre intitulé «Science and the Secrets of Nature: Books of Secrets in Medieval and Early Modern Culture» (Eamon, 1994). Eamon situe l'origine de la science expérimentale dans les activités pratiques des artisans, des alchimistes et des guérisseurs qu'il définit comme une nouvelle communauté d'expérimentateurs.

Ainsi l'activité d' "essayeurs" dans les mines pour déterminer la richesse et la composition d'un minerai était déjà mentionnée en 2000 av. JC en Mésopotamie. Aux observations sensorielles, toucher, saveur, odeur etc., s'ajoutent des observations d'effets d'actions sur l'objet (observations provoquées): rayure du métal avec une pierre de touche; exposition de l'alliage au feu; utilisation de l'eau forte etc. Puis apparaissent des combinaisons des méthodes, la multiplication de prélèvements; tout ceci débouche sur une définition des métaux, sur des conclusions à propos de leur structure (Moyen-âge).

Dans le domaine de la médecine, la pratique des essais débouchera sur une démarche dite empirique (Galien, 2<sup>ème</sup> siècle après JC). Au Moyen-âge les "essais qui ont réussi" (expertus probatus) sont consignés dans des recueils de recettes, les *experimenta*.

Halleux évoque également les modèles réduits, utilisés tant chez les Grecs que les Romains pour simuler le comportement d'une machine, et qui sont donc bel et bien des outils d'expérimentation; quand bien même les expérimentateurs de l'époque ne parviennent pas à gérer les changements d'échelle de leur modèle!

C'est, pour Halleux, dans ces "essais", dans ces "secrets d'atelier", dans ces tâtonnements que la méthode expérimentale s'enracine. Mais à partir de la Révolution scientifique, on assiste à un renversement de situation, la "nouvelle science" prenant le pas sur les "techniciens". Alors que d'une certaine façon les "arts utiles" ont développé et encouragé durant de nombreux siècles la pratique des expérimentations, à partir du 18<sup>ème</sup> siècle les scientifiques estiment indispensable de

codifier les savoirs, d'apporter aux techniciens et ingénieurs des formations nouvelles, d'encourager la création d'établissements d'enseignement: « Maîtresse de son outillage physico-mathématique, la nouvelle science entreprend de soumettre les arts et métiers» pour « fonder leur pratique sur des bases certaines » (page 187).

### **The Mindful Hand (Roberts, et al., 2007)**

Dans cet ouvrage les auteurs réexaminent de façon plus détaillée ces rapports entre science et technologie en Europe dans la période allant de la “Révolution scientifique” (16ème siècle) à la “Révolution industrielle” (19ème siècle).

De façon caricaturale, la “Révolution scientifique” a été considérée comme l'avènement d'un raisonnement scientifique basé sur une réflexion intellectuelle, conceptuelle pourrait-on dire; alors que la “Révolution industrielle” se caractériserait par la mise en application pratique de précédentes “découvertes scientifiques”. Cette dichotomie réductrice entre “intellectuel” et “pratique” est ici remise en cause au travers d'exemples illustrant la complexité des rapports entre connaissances intellectuelles et connaissances artisanales durant ces siècles: tel l'importance du travail réalisé dans les ateliers de polissage de lentilles optiques au 16ème et 17ème siècle; ou les indispensables développements intellectuels nécessaires à la mise en oeuvre des grands travaux de drainage (Angleterre et Pays bas) au 17ème siècle, les problèmes à résoudre étant, entre autres, l'adaptation à grande échelle de solutions “pratiques” mises au point pour l'irrigation et le drainage des jardins (on a déjà évoqué les problèmes que pouvaient poser les changements d'échelle lorsqu'on passe d'un modèle réduit à une réalisation à plus grande échelle).

Au 18ème siècle, alors même que s'accroît la supériorité des savoirs scientifiques sur les savoirs techniques, les scientifiques sont néanmoins fort dépendants des artisans qui leur fournissent les instruments indispensables à leurs travaux!

Enfin au 19ème siècle, la division entre connaissances scientifiques et techniques sera fortement renforcée par le contexte social et économique. L'affirmation de la prééminence des connaissances intellectuelles devient un argument d'autorité permettant un contrôle des travailleurs manuels. Les enjeux économiques deviennent également cruciaux, l'appropriation d'une connaissance scientifique permettant de tirer profit des applications techniques.

Ce livre met donc en lumière l'étroite interpénétration entre connaissances intellectuelles et savoir-faire; pour évoquer ces interactions les auteurs utilisent une variété de termes qui nous rapproche des sciences cognitives: productivité hybride, astuces intellectuelles, connaissances implicites, cognition distribuée, etc.

## **Science et Technique (Russo, 1978)**

Pour enrichir la compréhension de ces interactions entre science et technique, examinons encore un chapitre de “L’Histoire des techniques”, chapitre rédigé par François Russo, et qui s’intitule “Science et technique”. Russo parle d’une interpénétration de la science et de la technique, qui serait due au fait que la science est elle aussi “action” dans ses démarches, elle interroge la nature et la soumet à de multiples transformations; science et technique partagent donc une même démarche qui correspond à l’expérimentation. Russo considère qu’un “faire” (savoir-faire) nécessite de véritables savoirs, mais qui diffèrent des savoirs de type scientifique. Ce sont surtout des savoirs en actes, inscrits dans le “faire” (l’action, le geste), savoirs destinés à diriger l’action, à permettre des réalisations techniques. Toujours selon Russo les démarches expérimentales sont à la fois sources de connaissances (poursuite d’un savoir) et sources d’utilité (atteinte d’une efficacité). L’histoire de ces démarches expérimentales, qu’elles relèvent d’activités scientifiques ou d’activités techniques (ce qui ne semble pas toujours décidable) devrait prendre en considération les types d’actions exécutées ainsi que les objectifs de ces actions de façon à mettre en évidence les progrès réalisés dans les tentatives de maîtrise des objets et des phénomènes étudiés. C’est en partie dans cette direction que s’est orienté Jacob (Jacob, 2011) dans “Les mains de l’intellect”.

## **Les mains de l’intellect (Jacob, 2011)**

Dans cet ouvrage Christian Jacob porte une attention particulière aux gestes qui interviennent dans les pratiques de l’intellectuel, dans ses cheminements. L’entrelacement entre “intellect” et “technique” est analysé à un autre niveau que dans les ouvrages précédents, il s’agit pour les auteurs d’« explorer les liens dynamiques et dialectiques entre la main, le regard et la pensée dans la production des savoirs humains »(p. 32); et ceci en étudiant les activités concrètes liées aux pratiques savantes que les auteurs tentent de mettre en évidence, les démarches de la pensée prenant forme grâce aux maniements de différents objets, tels qu’un établi, un texte, un dessin, une carte, un ordinateur, ces différents supports gardant la trace des opérations mentales et manuelles. Il n’est pas possible de résumer ici cet ouvrage qui aborde aussi bien l’art du bonsaï que la structuration de documents électroniques, mais il s’agit là d’une approche qui peut être particulièrement féconde pour comprendre, mettre en évidence diverses activités le plus souvent ignorées et qui participent à la production des savoirs qualifiés d’humains, avec sagesse.

## **Remarques conclusives**

Les changements qui sont survenus récemment dans la façon de concevoir les rapports entre sciences et techniques dans un contexte historique ressemblent à bien des points de vue aux changements survenus dans la conception des relations entre habiletés pratiques et conceptuelles en psychologie du développement.

D'une part il faut du temps pour que les connaissances scientifiques comme les connaissances conceptuelles soient reliées aux activités pratiques desquelles elles sont issues et qu'elles modifient à leur tour.

D'autre part les connaissances techniques comme les connaissances pratiques qui avaient été dépossédées de tout savoir, ou auxquelles on attribuait d'autres "savoirs" (savoirs en actes, inscrits dans l'action) ont été revalorisées et reconnues finalement comme sources de savoirs.

Enfin il est intéressant de constater qu'aussi bien les activités techniques au cours de l'histoire que les habiletés pratiques au cours du développement participent aux démarches expérimentales, et pourraient même être considérées comme une des origines de ce qu'on appelle l'expérimentation "scientifique".

Conscient de la complexité du rapprochement que j'ai tenté de faire, je l'ai trouvé cependant très stimulant. Et j'aimerais terminer cet exposé avec une seconde citation de Leroi-Gourhan, citation qui figurait déjà dans la conclusion de ma thèse il y a quarante ans: « ne pas avoir à penser avec ses dix doigts équivaut à manquer d'une partie de sa pensée normalement, phylogénétiquement humaine» (Leroi-Gourhan, 1964).

## Bibliographie

- Diamond, A. (1988). Differences between adult and infant cognition: Is the crucial variable presence or absence of language? In L. Weiskrantz (Ed.), *Thought without language* (pp. 337-370). Oxford: Clarendon Press.
- Diamond, A., & Gilbert, J. (1989). Development as Progressive Inhibitory Control of Action - Retrieval of a Contiguous Object. *Cognitive Development*, 4(3), 223-249.
- Duscherer, K., Khan, A., & Mounoud, P. (2009). Recueil d'Associations Verbales chez des Enfants de 5 à 11 Ans pour 76 Verbes d'Action en Langue Française. *Swiss Journal of Psychology*, 68(2), 113-117. doi: 10.1024/1421-0185.68.2.113
- Duscherer, K., & Mounoud, P. (2006). Normes d'associations verbales pour 151 verbes d'action. *L'année psychologique*, 106, 397-413.
- Eamon, W. (1994). *Science and the Secrets of Nature: Books of Secrets in Medieval and Early Modern Culture*. Princeton: Princeton University Press.
- Gille, B. (Ed.). (1978). *Histoire des techniques : technique et civilisations, technique et sciences*. Paris: Gallimard.
- Greenfield, P. M., Nelson, K., & Saltzman, E. (1972). The development of rulebound strategies for manipulating seriated cups: A parallel between action and grammar. *Cognitive Psychology*, 3, 291-310.
- Guillaume, P., & Meyerson, I. (1930). Recherches sur l'usage de l'instrument chez les singes: I. Le problème du détour. *Journal de Psychologie*, XXVII.
- Halleux, R. (2009). *Le savoir de la main : savants et artisans dans l'Europe pré-industrielle*. Paris: A. Colin.
- Halverson, H. M. (1931). An experimental study of prehension in infants by means of systematic cinema records. *Genetic Psychology Monographs*, 10, 107-286.
- Hofsten, C. v. (1982). Eye-hand coordination in newborns. *Developmental Psychology*, 18, 450-461.
- Jacob, C. (Ed.). (2011). *Lieux de savoir: Les mains de l'intellect* (Vol. 2). Paris: Albin Michel.
- Köhler, W. (1917). *Intelligenzprüfungen an Anthropoiden*.
- Köhler, W. (1927). *L'intelligence des singes supérieurs* (P. Guillaume, Trans.). Paris: Alcan.
- Leroi-Gourhan, A. (1964). *Le geste et la parole: technique et langage* (Vol. 1). Paris: A. Michel.
- Lockman, J. J., & Ashmead, D. H. (1983). Asynchronies in the development of manual behavior. In L. P. Lipsitt & C. K. Rovee-Collier (Eds.), *Advances in Infancy Research* (Vol. 2, pp. 113-136). Norwood, NJ: Ablex.
- Mounoud, P. (1970). *Structuration de l'instrument chez l'enfant*. Neuchatel: Delachaux et Niestlé.
- Mounoud, P. (1977). *La estructuracion del instrumento en el nino*. Buenos Aires: Editorial Glem S.A.C.I.F.



- Mounoud, P. (1983). L'évolution des conduites de préhension comme illustration d'un modèle du développement [Evolution of reaching behaviors as an illustration of a developmental model]. In S. de Schöenen (Ed.), *Le développement dans la première année* (pp. 75-106). Paris: Presses Universitaires de France.
- Mounoud, P. (1993). The emergence of new skills: Dialectic relations between knowledge systems. In G. J. P. Savelsbergh (Ed.), *The development of coordination in infancy* (Vol. a, pp. 13-46). Amsterdam: North Holland.
- Mounoud, P. (1994). L'émergence de conduites nouvelles: Rapports dialectiques entre systèmes de connaissances. *Psychologie et éducation*, 18, 11-42.
- Mounoud, P. (1996). A Recursive Transformation of Central Cognitive Mechanisms: The Shift from Partial to Whole Representations. In A. J. Sameroff & M. M. Haith (Eds.), *The five to seven year shift: The Age of Reason and Responsibility* (pp. 85-110). Chicago: Chicago University Press.
- Mounoud, P., Duscherer, K., Moy, G., & Perraudin, S. (2007). The influence of action perception on object recognition: a developmental study. *Developmental Sci*, 10(6), 836-852. doi: 10.1111/j.1467-7687.2007.00624.x
- Perraudin, S., & Mounoud, P. (2009). Contribution of the priming paradigm to the understanding of the conceptual developmental shift from 5 to 9 years of age. *Developmental Science*, 1-23. doi: 10.1111/j.1467-7687.2009.00847.x
- Piaget, J. (1936). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Neuchâtel: Delachaux & Niestlé.
- Piaget, J. (Ed.). (1950). *Introduction à l'épistémologie génétique*. Paris: Presses univ. de France.
- Rey, A. (1934). *L'intelligence pratique chez l'enfant*. Paris: Alcan.
- Roberts, L., Schaffer, S., & Dear, P. (Eds.). (2007). *The Mindful Hand: Inquiry and Invention from the Late Renaissance to Early Industrialisation*. Amsterdam: Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen.
- Russo, F. (1978). Science et technique. In B. Gille (Ed.), *Histoire des techniques : technique et civilisations, technique et sciences*. Paris: Gallimard.
- Shallice, T. (1991). Précis of "From neuropsychology to mental structure". *Behavioral and Brain Sciences*, 14, 429-469.
- Stiegler, B. (Ed.). (1994). *La technique et le temps: La faute d'Epiméthée* (Vol. 1). Paris: Galilée : Cité des sciences et de l'industrie.
- Wallon, H. B. (1945). *Les origines de la pensée chez l'enfant*. Paris: Presse Universitaires de France.