

ENFANCE

Revue publiée avec le concours du CNL

1

1994



PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

SYNTHÈSE DE TRAVAUX

Le passage de représentations partielles à des représentations d'ensemble¹

Pierre Mounoud²

RÉSUMÉ

Cet article présente les diverses transitions observées dans le comportement des enfants entre 5 et 7 ans comme résultant d'une transformation générale des mécanismes cognitifs centraux. Cette transformation se caractérise par le passage de représentations partielles à des représentations d'ensemble. Mais cette transformation ne serait qu'un aspect d'un changement plus important qui contraint l'enfant à substituer à des modes de traitement automatisés (déterminés par des systèmes de connaissance constitués) de nouveaux modes de traitement issus de systèmes de connaissance en élaboration. Cette perspective sera illustrée au moyen de recherches sur la construction d'instruments simples et sur les compétences en physique intuitive telles que révélées au travers des actions et des jugements.

SUMMARY

In this paper the various transitions observed in children's behavior between 5 and 7 years of age are considered as resulting from a general transformation of central cognitive mechanisms. This transformation is characterized by the shift from partial to whole representations. But this transformation is considered as only one aspect of a more important change which constrains the child to substitute to automatized processes (performed by constituted knowledge systems), new processing modes coming from new knowledge systems in elaboration. This perspective will be illustrated by means of experiments on construction of simple instruments and on competences in intuitive physics as expressed through actions and judgements.

A paraître dans A. Sameroff et M. Haith (eds), *Reason and Responsibility : The Passage Through Childhood*, Chicago, Chicago University Press.

1. Exposé présenté à la Conférence organisée par « MacArthur Foundation Transitions Network » sur *The 5-7 year shift : Transition to the school years*, 18-22 novembre 1992, Marco Island, Florida.

2. Université de Genève.

Les nombreuses transitions observées dans le comportement des enfants entre 5 et 7 ans manifestent de mon point de vue une transformation des mécanismes cognitifs centraux. Cette transformation s'exprime en particulier par le passage de nouvelles *représentations partielles* et fragmentaires construites par l'enfant entre 4 et 5 ans à des *représentations d'ensemble*, qui apparaissent à partir de 6 ans. Ces représentations d'ensemble intègrent les dimensions pertinentes traitées antérieurement de façon séparée. Cette transition est comparable (isomorphe) pour moi à celle qui se produit chez le bébé autour de l'âge de 12 mois. C'est pour cette raison que je la considère comme récurrente. Il s'agit ici d'une thèse que je défends depuis longtemps et que j'ai illustrée au moyen de nombreux exemples (cf. en particulier Mounoud, 1979, 1986*a* et *b*, 1988, 1990*a*, 1993*a*).

Caractériser la transition entre 5 et 7 ans par le passage des représentations partielles (fragmentaires, morcelées, élémentaires) à des représentations d'ensemble (qui intègrent les dimensions pertinentes traitées antérieurement de façon séparée ou juxtaposée) doit paraître à première vue comme une prise de position très traditionnelle. En effet, il s'agit du passage de structures ou d'activités mentales non coordonnées (ou faiblement coordonnées) à des structures coordonnées. Et très peu de chercheurs sont actuellement prêts à considérer une telle transition comme générale et comme relative à des mécanismes cognitifs centraux. Le credo actuel est favorable à la spécificité des domaines et au rôle prédominant des contextes. De plus, il vient immédiatement à l'esprit une quantité d'exemples qui semblent infirmer la thèse que je défends, en particulier l'ensemble des conduites que l'on peut définir comme « compétences précoces ». Il s'agit des réussites par des enfants de 3-5 ans à des épreuves partiellement isomorphes à celles réussies traditionnellement par les enfants de 7 ans (pour une discussion, cf. Mounoud, 1986*b*).

Mais avant de considérer ces points de vue contradictoires, examinons plus en détail comment la transition de représentations partielles à des représentations d'ensemble affecte la façon dont les enfants entre 5 et 7 ans conceptualisent les objets (nouvelles connaissances déclaratives) et, consécutivement, la façon dont ils agissent sur eux (nouvelles connaissances procédurales).

Cette transition correspond au passage de conceptions qui ne prennent en considération qu'un *aspect* d'une situation, qu'une *propriété isolée* d'un objet en fonction d'un contexte donné, d'une interaction particulière (il y aurait donc centration sur des propriétés isolées) à des conceptions qui prennent en considération l'*ensemble des aspects ou des dimensions pertinents* d'un objet ou d'une situation donnée.

Une autre manifestation de cette transition est le passage d'une *organisation successive* à une *organisation simultanée* des conduites. Ce que l'enfant fait préalablement à cette transition, par la succession de plusieurs conduites élémentaires distinctes, devient réalisable comme une seule conduite complexe.

Enfin, par rapport à la façon dont s'enchaînent les actions, la transition fait passer l'enfant de la *planification locale d'actions élémentaires* (planifiées

de proche en proche) à la *planification de séquences d'actions* couplées ou coordonnées.

Dans la littérature, on trouve différentes descriptions de cette transition ou de transitions analogues à d'autres âges. Il est question en particulier du passage d'organisations fragmentaires à des organisations intégrées (*piece-meal to whole organization*) (Keil et Kelly, 1987), d'engrammes non liés, non bornés, à des engrammes liés (*unbounded to bounded engrams*) (Harnad, 1987), de *patterns* partiels à des *patterns* intégrés (*partial to integrated pattern*) (Halverson, 1931), de cartes locales à des cartes globales (*local to global mapping*) (Edelman, 1987), ou de l'intégration et de la synchronisation de sous-actions dans une séquence continue (*integrating and synchronizing subactions in a continuous sequence*) (Hofsten, 1990). Ce type de transition a également été décrit par Diamond (1988) en termes de capacité à mettre en relation des données séparées dans le temps et dans l'espace, et de capacité conjointe d'inhiber les réponses dites prédominantes. A l'instar de Diamond je serais enclin à considérer une telle transformation des mécanismes cognitifs centraux comme principalement déterminée par des changements structuraux internes (en particulier des structures frontales et callosales) et comme dépendante secondairement et de façon non spécifique de facteurs environnementaux (Mounoud, 1993b).

Bien que centrale, cette transformation des mécanismes cognitifs ne se manifeste pas nécessairement simultanément dans les différents domaines de connaissance par des changements dans les représentations. Les nouveaux mécanismes cognitifs n'interviennent que dans la mesure où ils sont sollicités, c'est-à-dire en fonction du type d'expériences faites par les enfants relativement aux différents domaines auxquels ils sont confrontés.

Il est possible d'illustrer cette transformation des mécanismes cognitifs, ainsi que les transitions observables qui en découlent, dans plusieurs domaines et à diverses périodes du développement. En ce qui concerne le bébé, la transformation a lieu autour de l'âge de 12 mois. Un des meilleurs exemples me semble être la capacité de coordonner des activités différenciées des deux mains ; on peut également évoquer la capacité de coordonner les différentes fonctions qui interviennent dans l'activité complexe de préhension (atteindre, saisir, etc.), ou encore la capacité de coordonner des syllabes pour constituer les premiers mots (Mounoud, 1988, 1993a). C'est aussi cette transformation qui détermine la réussite à une des épreuves concernant la permanence de l'objet (épreuve dite A - non B) et aux épreuves de détour (prise d'un objet situé à l'intérieur d'une boîte transparente ou derrière une barrière) (Diamond, 1988). Chez l'enfant, c'est autour de l'âge de 6 ans que cette transformation a lieu. Les activités de catégorisation et de sériation me semblent d'excellentes illustrations, comme la capacité d'envisager l'appartenance d'un objet à deux classes emboîtées, ce qui suppose la maîtrise de l'intension et de l'extension des concepts (la coordination du « tous » et du « quelque »), ou la capacité d'envisager les relations d'un objet avec son prédécesseur et son successeur dans une série (Bideaud, 1988 ; Houdé, 1992). Il

en est de même en ce qui concerne les principales notions de conservation : l'enfant doit parvenir à intégrer les différents aspects qui interviennent dans la transformation, comme la longueur et la densité en ce qui concerne la conservation du nombre (Fayol, 1990).

Le passage de représentations partielles à des représentations d'ensemble n'explique pas à lui seul l'apparition de l'inclusion ou des conservations, ou des stratégies systématiques dans la sériation. Il ne constitue qu'une condition nécessaire mais non suffisante. Les représentations d'ensemble doivent faire l'objet d'un travail important de décomposition et d'analyse jusqu'à ce que les relations entre parties ou éléments et totalités soient maîtrisées (tant du point de vue des rapports d'appartenance partitive qu'inclusive), ainsi que les relations entre différentes totalités par rapport à une ou plusieurs de leurs dimensions.

Si ce passage de représentations partielles à des représentations d'ensemble est familier pour le psychologue du développement, il est moins habituel de le considérer comme récursif. De ce point de vue, il est nécessaire d'examiner le passage inverse, c'est-à-dire le passage de représentations d'ensemble à des représentations partielles et fragmentaires. Il s'agit d'une autre transition, elle aussi récursive, qui survient à d'autres périodes du développement comme, par exemple, autour de l'âge de 3 1/2-4 ans (ainsi que durant les premiers mois de la vie du bébé).

L'essentiel de mon propos pourrait se résumer comme suit : la transformation que nous cherchons à cerner (celle de 5 à 7 ans) ne serait qu'un aspect d'une transformation plus importante qui contraint l'enfant à différentes étapes de son développement, en particulier à partir de 3-4 ans (comme à sa naissance), à *substituer à des modes de traitement automatisés* (réalisés par des systèmes de connaissances constitués) *de nouveaux modes de traitement* (issus de nouveaux systèmes de connaissances en élaboration). Malheureusement, je pense que l'on ne sait pas encore dénommer et caractériser ces différents systèmes de connaissance de façon satisfaisante. Pour les nouveaux systèmes, on parle par exemple de connaissances conceptuelles, conscientes, explicites, déclaratives, discursives. Je reviendrai ultérieurement sur ce point.

Ainsi, la transition de 5 à 7 ans telle que je la caractérise concerne essentiellement une *étape* dans la genèse des nouveaux systèmes de connaissance qui s'élaborent à cette période du développement, dont la caractéristique majeure serait précisément le passage de structurations partielles et fragmentaires à des structurations d'ensemble, ou le passage de centration sur des aspects isolés d'une situation à leur intégration.

Par contre la transition qui survient autour de 3-4 ans est la conséquence d'une transformation plus fondamentale, soit l'apparition de nouveaux systèmes de connaissance. Pour comprendre cette transition de systèmes constitués à des systèmes en élaboration, il faut tenir compte tout d'abord de la nature et du rôle joué par les systèmes de connaissances constitués. Ces systèmes, que j'appelle perceptivomoteurs, possèdent des représentations d'ensemble. Ils déterminent des conduites qui intègrent de nombreuses dimensions des situations rencontrées. L'apparition de nouveaux systèmes de

connaissances se traduit donc par un passage inverse à celui que l'on observe entre 5 et 7 ans, allant de conduites déterminées par des représentations d'ensemble (celles des systèmes de connaissances constitués) à des conduites déterminées par des représentations partielles (celles des nouveaux systèmes en élaboration). Par conséquent, pour comprendre la transition de 5 à 7 ans, il est nécessaire de prendre en considération les relations complexes qu'entretiennent les nouveaux systèmes de connaissance en élaboration avec les anciens systèmes constitués.

De ce point de vue il devient possible, me semble-t-il, de rendre compte d'affirmations contradictoires concernant en particulier les enfants de 3 à 5 ans. Ainsi, lorsqu'un enfant de 5 ans est décrit comme centré sur un seul aspect d'une situation, on peut supposer que sa conduite est déterminée par un nouveau système de connaissance en élaboration (ou que sa conduite est contrôlée par un système attentionnel ou de supervision et non par un système automatisé). C'est le cas dans la version classique des conservations à la Piaget. A ce propos il est nécessaire de considérer les jugements de non conservation comme le résultat d'une construction nouvelle, d'une élaboration qui conduit tout d'abord l'enfant à une centration sur une seule dimension. Simultanément dans d'autres contextes ce même enfant de 5 ans présentera des conduites qui mettront en évidence ses capacités à prendre en considération l'ensemble des dimensions pertinentes de situations plus ou moins comparables aux situations classiques de conservation, comme c'est le cas par exemple dans les expériences imaginées par Donaldson (1978). Cette fois les conduites seraient déterminées par des systèmes de connaissances achevés et sédimentés qui rendent possibles des traitements automatisés.

Ma contribution consistera tout d'abord à définir les rapports complexes qu'entretiennent les deux catégories de systèmes de connaissance, ceux qui sont achevés et se présentent sous forme pratique ou procédurale et ceux en élaboration qui se manifestent tout d'abord sous forme conceptuelle ou déclarative. J'exposerai ensuite un modèle du développement selon lequel l'apparition de toute conduite nouvelle nécessite l'intervention de nouvelles conceptualisations produites par l'entrée en fonction de nouveaux systèmes de connaissances. Mais je montrerai aussi que les nouvelles conceptualisations ne peuvent s'élaborer qu'à partir de conduites pratiques automatisées déterminées par les systèmes préalables. Les nouveaux systèmes de connaissances se manifesteraient tout d'abord sous forme de conceptualisations conscientes ou explicites avant de se transformer à leur tour en connaissances pratiques ou procédurales plus ou moins automatisées et dont les processus d'élaboration ne sont plus présents à la conscience du sujet (Mounoud, 1990b).

J'illustrerai ma perspective au moyen des recherches que j'ai réalisées sur la construction d'instruments simples chez l'enfant de 4 à 9 ans (Mounoud, 1968, 1970)¹. Je décrirai en particulier le passage de la construction d'instru-

1. Les personnes qui souhaiteraient recevoir un exemplaire de l'ouvrage *Structuration de l'instrument chez l'enfant* peuvent en faire la demande à l'auteur.

ments par adjonctions de segments ou fragments dont les fonctions ne sont conçues ou envisagées que successivement (la construction et les corrections se limitant à ajouter ou enlever des segments essentiellement à la partie distale de l'instrument) à la construction d'instruments qui réalisent une transformation globale (une translation par exemple) tout en prenant en considération simultanément les différentes fonctions à remplir. J'expliquerai comment ce changement de conception de l'instrument chez l'enfant de 4 à 9 ans est tout d'abord encadré ou dirigé par un autre système de connaissance déjà élaboré et appelé perceptivomoteur. Je montrerai enfin comment ce système perceptivomoteur est ultérieurement contrôlé et intégré par le nouveau système concret en élaboration.

Pour terminer, je présenterai les recherches faites récemment par Wilkening et ses collaborateurs pour comparer les compétences en physique intuitive d'enfants de 5-6 ans et de 9-10 ans, ainsi que d'adultes, telles que révélées au travers de leurs actions ou de leurs jugements.

LES RELATIONS ENTRE SYSTÈMES DE CONNAISSANCE : BRÈVE PRÉSENTATION D'UN MODÈLE

Chez tout sujet engagé dans un processus de développement ou d'apprentissage, il existerait simultanément *deux systèmes de connaissance*, qui se différencieraient par leur *degré relatif de développement*. Un système plus ou moins achevé et automatisé se manifesterait sous forme « pratique », l'autre système en élaboration se manifesterait sous forme « conceptuelle ». Ces deux systèmes entretiendraient des *rapports hiérarchiques ou coopératifs complexes* qui s'inverseraient au cours du temps ; le « conceptuel » du nouveau système de connaissances serait tout d'abord dirigé, encadré par la « pratique » de l'ancien système mais finirait par le contrôler et l'intégrer. Cette formulation m'oblige à faire une rapide mise au point sur l'opposition entre pratique et conceptuel.

Dès le début du siècle les psychologues ont opposé deux types d'intelligences ou de connaissances, le plus souvent qualifiées d'*intelligence pratique ou sensorimotrice* (ou encore intelligence des situations) et d'*intelligence conceptuelle ou représentative* (ou discursive ou verbale). Cette distinction a été utilisée pour opposer des *niveaux de développement* (pour plus de détails, cf. Mounoud, 1993a). Des oppositions plus ou moins apparentées sont toujours très présentes aujourd'hui dans les sciences cognitives, le plus souvent sans référence à l'histoire, entre connaissances *procédurales* et connaissances *déclaratives*, entre *savoir-faire* et *savoirs*, entre traitements non symboliques et symboliques, entre des connaissances *accessibles* ou *non accessibles* à la conscience ou, enfin, entre mémoires *implicites* ou *explicites*.

Alors que les oppositions entre connaissances pratiques et connaissances conceptuelles ont été le plus souvent utilisées dans le passé pour distinguer

des *niveaux* ou systèmes non contemporains de connaissances ou d'activité (des étapes différentes d'un processus historique), ces oppositions sont encore employées actuellement pour opposer des systèmes contemporains de connaissances, mais de *nature* différente et nettement dissociés.

Depuis longtemps (Mounoud, 1970), j'ai remis en question l'idée d'utiliser l'opposition entre « pratique » et « conceptuel » pour différencier des *systèmes de connaissance* de nature et/ou de niveaux différents, comme par exemple avec ou sans représentation symbolique (comme l'on fait en particulier Piaget et Wallon). Par contre, les qualificatifs de « pratique » ou de « conceptuel » peuvent être tout à fait adéquats pour caractériser deux *formes* (d'expression) ou deux états distincts de n'importe quel système de connaissances. Dans le modèle que j'ai tenté d'élaborer, les différents systèmes de connaissances sont appelés « sensoriel », « perceptif », « concret » (antérieurement appelé « conceptuel ») et « formel ». Chacun de ces systèmes de connaissances de nature différente peut donc se présenter au cours du développement sous forme « conceptuelle » ou sous forme « pratique ».

Il me semble ainsi possible d'affirmer que, chez l'être humain : 1) les formes « pratiques » de connaissances d'un système donné résultent (ontologique ou phylogénétiquement) de formes « conceptuelles » antérieures de ce même système, qui se sont sédimentées (ou encapsulées) et qui ne sont plus, ou difficilement, accessibles à la conscience (ou qui ne sont plus explicitables) ; 2) les formes « pratiques » de connaissances d'un système donné ne peuvent se transformer (ou se modifier) qualitativement que par l'intervention des formes « conceptuelles » d'un autre système de connaissances plus abstrait ; 3) les formes « conceptuelles » d'un nouveau système de connaissances ne se développent pas en dehors de la mise en œuvre (ou mise en jeu) des formes « pratiques » de connaissances du système déjà élaboré ; 4) et, enfin, si chez l'être humain le développement cognitif s'effectue en stades ou niveaux, les différences entre deux stades successifs ne sauraient se ramener à une simple opposition entre connaissances pratiques et connaissances conceptuelles.

Compte tenu de ce qui précède, il serait possible de dire que les conduites de tout sujet engagé dans un processus de développement ou d'apprentissage, et en particulier les conduites des enfants à partir de 3-4 ans, peuvent être décrites comme déterminées simultanément par *deux systèmes distincts de connaissances* (c'est-à-dire deux systèmes distincts de représentations couplés à des procédures) : il y aurait, d'une part, un premier système de connaissances (pour les 3-4 ans, le système « perceptif ») composé de *représentations constituées et sédimentées* (ou encapsulées) au moyen desquelles les données seraient directement interprétables, fusionnées à des procédures d'action automatisées. Ce premier système de connaissances s'exprimerait sous forme « pratique ».

Et il y aurait, d'autre part, un deuxième système de connaissances (pour les 3-4 ans, le système « concret ») composé des *représentations en élaboration*, couplées avec des procédures d'action elles-mêmes en élaboration. Ce deuxième système de connaissances s'exprimerait tout d'abord sous forme

« conceptuelle », parce que manifestant un processus actuel de construction, mettant en jeu des représentations accessibles à la conscience. La transformation que j'ai définie pour caractériser la transition entre 5 et 7 ans constituerait l'une des étapes de l'élaboration de ce deuxième système (le système « concret »).

Ces deux systèmes « contemporains » de connaissances ou de représentations se manifesteraient donc initialement sous des formes différentes qui correspondent aux deux formes « pratique » (ou savoirs implicites) et « conceptuelle » (ou savoirs explicites). Ils définiraient également deux modes de planification et de contrôle de l'action (appelés parfois « déclenché » et « contrôlé »), deux modes de fonctionnement (automatisé et volontaire). Il serait aussi possible de faire correspondre ces deux systèmes de connaissance aux deux systèmes de contrôle des schèmes d'action et de pensée définis par Shallice (1991) : le système automatisé (*contention scheduling*) et le système de supervision, ou encore aux deux systèmes définis par Posner et Rothbart (1991) de traitement automatique (*automatic processing*) et de contrôle attentionnel (*attentional control*).

La capacité de produire de nouvelles conduites, c'est-à-dire d'élaborer de nouvelles représentations, ainsi que de nouvelles procédures, serait due chez l'enfant à l'entrée en fonction de nouveaux centres et de nouvelles structures (que j'avais appelés antérieurement nouveaux systèmes de codage). Chez l'adulte on peut penser que l'acquisition de nouvelles conduites, la résolution de nouveaux problèmes nécessitent l'intervention de certains centres ou structures spécialisés pour élaborer conceptuellement et consciemment de nouvelles dimensions d'une situation ou réélaborer certaines dimensions connues dans un nouveau contexte. Ces centres ou structures interviendraient transitoirement jusqu'à la mise en place de nouvelles pratiques plus ou moins automatisées (Mounoud, 1988, 1990b).

Ces nouveaux centres de (re)conceptualisation (ou les nouveaux systèmes de connaissances) analyseraient une partie seulement des dimensions ou informations traitées de façon automatisée par les systèmes de connaissances préalables au cours de la mise en œuvre d'activités complexes. Ces analyses donneraient naissance à des représentations nouvelles. Toutefois, dans un premier temps, ces représentations ou conceptions nouvelles seraient nécessairement partielles dans le sens où, précisément, elles ne prendraient en considération que certains aspects de la situation rencontrée. Elles seraient caractéristiques des enfants de 4-5 ans.

Ces nouvelles représentations partielles élémentaires permettraient d'élaborer de nouvelles procédures d'actions simples ou élémentaires, limitées à une fonction simple, à un geste, à une praxie, à une propriété, à une idée. Ces nouvelles procédures se substitueraient progressivement aux procédures automatisées ou les inhiberaient.

Puis les diverses représentations et procédures élémentaires élaborées se composeraient tout d'abord par juxtaposition avant de s'intégrer de façon plus organique pour constituer de nouvelles totalités, de nouvelles représen-

tations d'ensemble à l'origine de nouvelles conduites complexes (par exemple, apparition autour de 6 ans d'une conception d'ensemble de l'instrument où les différentes fonctions pertinentes pour résoudre une situation donnée sont sélectionnées et intégrées en un tout, ou capacité d'intégrer différentes dimensions (hauteur et distance) dans les jugements concernant la propulsion de balles, cf. *infra*). Il s'agirait précisément du passage des représentations partielles aux représentations d'ensemble, caractéristique centrale de la transition de 5 à 7 ans. Rappelons une fois encore que les représentations d'ensemble une fois constituées doivent subir tout un travail d'analyse et de décomposition jusqu'à ce que les relations entre parties ou éléments d'une totalité ou de différentes totalités soient maîtrisées.

Compte tenu de ce qui précède, il devient possible de définir ce que je suggère d'appeler le *processus de conceptualisation* (que j'ai également appelé processus de construction de représentations nouvelles (Mounoud, 1979) ou processus de thématisation (Mounoud, 1988)). C'est le processus par lequel le sujet, *au cours d'activités (matérielles ou mentales) contrôlées par un premier système de connaissances constitué* [ou à l'occasion de la mise en œuvre des formes pratiques d'un premier système de connaissances], sélectionne ou échantillonne, au moyen d'un nouveau système de connaissances (d'autres centres ou structures de représentation et de traitement), une information remarquable par rapport au but poursuivi pour la représenter (l'analyser, l'évaluer). *L'existence simultanée de deux systèmes de connaissances en parallèle* constituerait la dynamique du développement. Le moteur du développement, selon la célèbre formule de Piaget, ne serait pas l'action comme il l'avait soutenu mais les rapports dialectiques qui s'instaurent entre deux systèmes de connaissances.

Ces représentations vont rendre possibles de nouvelles mises en relation ou comparaisons entre objets ou événements, entre parties d'objet, entre actions et surtout entre les objets et les actions du sujet. Ces mises en relation permettent au sujet d'établir de nouvelles *inférences*, de nouveaux liens entre significations qui sont temporairement accessibles à la conscience ou explicites, tout au moins partiellement.

Ce processus ne saurait fonctionner de façon satisfaisante si les actions et les perceptions du sujet n'étaient pas déterminées par des *connaissances préalables* (résultant bien entendu elles-mêmes d'une genèse antérieure). Faut de quoi il faudrait avoir recours à l'hypothèse d'activités initiales produites au hasard. A ce propos, je citerai Piaget : « Les résultats (de l'expérience) en grande partie fortuits n'acquièrent cependant des significations que grâce aux *schèmes cachés mais agissants* qui les éclairent » (Piaget, 1937, p. 350 (souligné par moi)). Ces « schèmes cachés » correspondent à ce qu'on appelle aujourd'hui des processus de représentation et de traitement encapsulés, modularisés, ou encore sédimentés.

Il est évident qu'au fur et à mesure de la constitution de ces nouvelles liaisons, mises en relation ou inférences « conceptuelles », de nouvelles procédures de planification et de contrôle des actions vont se mettre en place. Ces nouvelles procédures se substitueraient tout d'abord aux précédentes, sur les-

quelles elles exerceraient une action inhibitrice avant de les prendre sous leur contrôle et de les intégrer ou les incorporer.

Je me suis opposé ailleurs (Mounoud, 1990a) aux théories purement inductives du développement des catégorisations comme celle de Harnad (1987) ou en partie celle de Nelson (1983) en psychologie, et celle de Edelman (1987) en neurobiologie du développement. Mon objection fondamentale est précisément relative à l'absence de prise en considération de l'existence des connaissances ou de catégories *préalables* au processus de genèse qu'ils décrivent. Or, il me semble évident que l'histoire du développement est bien différente avec ou sans ces connaissances préalables.

Pour terminer cette présentation, examinons quelles hypothèses peuvent être faites quant à l'origine des nouvelles conduites. Quatre hypothèses principales me semblent pouvoir être envisagées parmi d'autres possibles :

- 1 / L'apparition de conduites nouvelles serait préformée, le développement résulterait alors essentiellement de la maturation progressive des systèmes de connaissance. La position de Spelke (1991) correspondrait selon moi à cette hypothèse.
- 2 / L'apparition de conduites nouvelles proviendrait d'une *redescription*, d'une *transposition* ou d'une *abstraction* des systèmes déjà organisés (préalablement au développement envisagé). Cette hypothèse semble correspondre en particulier au modèle de l'abstraction réfléchissante proposé par Piaget (1917/1977), au modèle de la redescription représentative proposé par Karmiloff-Smith (1991) et à des versions antérieures du modèle que je présente dans cet article (par ex. Mounoud, 1979 ou 1986a).
- 3 / L'apparition de conduites nouvelles proviendrait essentiellement de la structure des situations auxquelles a été confronté le sujet (sans que les systèmes déjà organisés préalablement interviennent de façon déterminante). Cette hypothèse pourrait correspondre en partie au modèle de Harnad (1987) et à celui d'Edelman (1987).
- 4 / L'apparition de conduites nouvelles proviendrait de nouveaux traitements faits à partir des expériences réalisées par le sujet avec ses différents environnements, mais *au cours d'activités déterminées par les systèmes déjà organisés préalablement*. C'est ce que j'appellerai la filiation indirecte. Cette hypothèse correspond à la position que j'ai développée dans cet article et à quelques parentés avec le modèle récemment publié par Morton et Johnson (1991) relativement au développement de la reconnaissance des visages.

ILLUSTRATION : LA CONSTRUCTION D'INSTRUMENTS

Avant d'illustrer mon point de vue au moyen d'exemples, il est nécessaire de faire brièvement quelques commentaires de nature méthodologique. Certaines situations expérimentales sont plus propices que d'autres pour

mettre en évidence les transformations des *connaissances* de l'enfant au cours de son développement et pour comprendre en particulier le rôle que joue l'expérience dans ce processus. Pour moi les situations favorables 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 ainsi que de modifier sa représentation de la situation. Il est indéniable que les situations de résolution de problèmes pratiques sont idéales pour un tel objectif. Or, la plupart des situations utilisées pour évaluer les *capacités cognitives* de l'enfant n'ont généralement pas ces caractéristiques. Que l'on pense en particulier aux situations de conservation ou de classification, de même qu'à toutes les situations dans lesquelles on se contente de questionner l'enfant (sans le faire agir). C'est la raison pour laquelle je m'étais intéressé il y a longtemps aux situations de construction d'instruments simples pour la résolution de problèmes pratiques. Il s'agit de situations expérimentales qui avaient abondamment été utilisées pour étudier les débuts de l'intelligence et comparer les capacités respectives de l'enfant et du singe, ainsi que le passage de l'intelligence pratique à l'intelligence représentative (Guillaume et Meyerson, 1930, 1931, 1934, 1937 ; Koehler, 1917, etc.). Au moyen de telles épreuves, on peut espérer comprendre les changements dans la façon dont les enfants parviennent à concevoir les objets tant du point de vue de leur intension (ou compréhension) (l'ensemble des propriétés qui les définissent) que de leur extension (à savoir l'ensemble des situations auxquelles un instrument est susceptible de s'appliquer), ainsi que des relations d'équivalence entre objets (l'ensemble des instruments qui permettent de résoudre une situation donnée). Il s'agirait d'une voie détournée pour aborder l'étude de la formation de concepts ou de la genèse des catégories ; ce n'est pas dans une telle perspective que j'avais entrepris ces recherches. 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. C'est ce que nous allons brièvement examiner.

J'avais proposé de 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 par le fait qu'il s'associe aux actions du sujet qu'il transmet à d'autres objets, qu'il se substitue à certaines actions du sujet dont il remplit les fonctions et qu'il entretient des rapports de complémentarité avec les objets sur lesquels il s'applique.

En plus de ses propriétés statiques telles que sa forme, sa longueur, l'instrument peut se caractériser par des propriétés dynamiques telles que les forces qu'il produit ou transmet. A ce sujet, se pose le problème du pouvoir de transmission attribué à l'instrument. Les instruments font également intervenir des relations causales de moyen à but qui n'interviennent pas dans la structuration spatiale et logico-mathématique des objets.

J'avais également distingué deux grandes catégories d'instruments, ceux qui transmettent les actions du sujet sans les modifier et ceux qui les transfor-

ment (inversion, démultiplication, etc.). Les instruments que j'ai étudiés appartiennent à la première catégorie.

D'autre part, il est également nécessaire de faire la distinction entre utilisation et construction d'instruments. C'est avant tout à la construction d'instruments que je me suis intéressé.

Enfin, parmi les instruments qui transmettent les actions sans les transformer, j'avais défini trois types possibles de constructions :

- 1 / la simple modification d'un objet (comme, par exemple, plier un fil de fer pour réaliser un crochet) ;
- 2 / l'assemblage d'éléments où la signification du tout est équivalente à celle des éléments (comme, par exemple, des crochets mis bout à bout qui constituent encore un crochet) ;
- 3 / l'assemblage d'éléments où la signification du tout est différente de celle des éléments (par exemple, emboîter des légos les uns dans les autres pour constituer un instrument qui permette d'accrocher un objet ou de contourner un obstacle).

Malgré le fait que les instruments constituent une catégorie particulière d'objets qui, comme on vient de le voir, nécessite une structuration autant physique et causale que logique et spatiale, je pense que la façon dont les enfants parviennent progressivement à les concevoir et à les construire révèle néanmoins certains aspects de processus plus généraux du développement. Plus précisément, j'espère découvrir ainsi comment les enfants deviennent capables de comprendre, de définir et de catégoriser les objets au niveau dit conceptuel ou concret, avec en plus l'avantage de pouvoir saisir directement les transformations de leurs conceptions au travers des corrections, des régulations et des commentaires enregistrés.

L'EXPÉRIENCE

Une des situations expérimentales que j'avais étudiée consiste à demander aux sujets de déplacer un petit plot situé derrière un obstacle au moyen d'un instrument qui réalise le détour. Il s'agit donc d'une situation qui appartient à la famille des « conduites de détour ».

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 et Ashmead, 1983). De plus, le détour manuel peut être réalisé avec ou sans intermédiaire prolongeant le bras, comme l'avaient expérimenté Guillaume et Meyerson (1930). L'étude de ce type de situation a été récemment reprise par Diamond (1988) et Diamond et Gilbert (1989) sous le terme de « recherche de l'objet » (*object retrieval*).

LA MÉTHODE

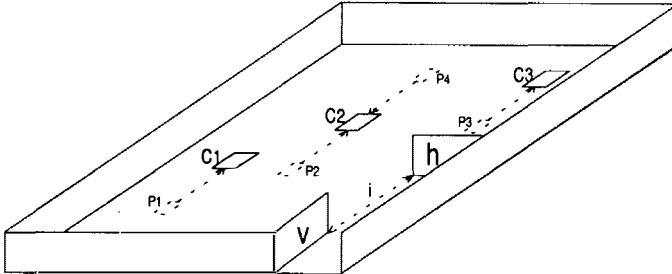


FIG. 1 — Dispositif expérimental

Le dispositif utilisé (cf. fig. 1) se présente sous la forme d'une boîte (sans couvercle) dont la base rectangulaire mesure 25×30 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 (c^1 , c^2 , c^3). On dispose d'un petit cube de bois noir (plot) de 1 cm de côté pour lequel différents emplacements sont prévus (p^1 , p^2 , p^3 et p^4). La tâche consiste à déplacer le plot d'une de ces positions jusque sur le carré 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 p^1 à c^1 (sit. I), de p^2 à c^2 (sit. II), de p^3 à c^3 (sit. III) et de p^4 à c^2 (sit. IV). Ces différents déplacements doivent s'effectuer au moyen d'instruments (tiges coudees) que l'on actionne de l'extérieur par l'ouverture latérale après avoir posé l'instrument dans la boîte. La direction de ces déplacements est toujours la même ainsi que leur amplitude, la distance des déplacements (5,5 cm) qui est légèrement inférieure à l'intervalle séparant v et h ($i = 7,5$ cm). Seule varie la nature des détours à réaliser pour atteindre le plot. Précisons que les différents détours possibles réalisés par l'instrument pour atteindre le plot ne sont pas nécessairement tous adéquats pour permettre son déplacement.

Les instruments sont construits au moyen de petites plaquettes rectangulaires en plastique appelées légos, toutes identiques, de 16×64 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 (cf. fig. 2, p. 18) :

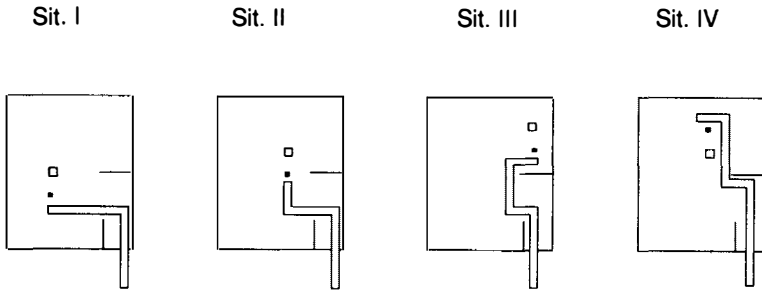


FIG. 2 — Instruments permettant de réaliser chaque situation

LA PROCÉDURE

Après avoir fait décrire le matériel au sujet, on lui indique qu'il faut pousser le plot sur un carré mais de l'extérieur de la boîte. On lui demande alors en guise d'anticipation ce qu'il faudrait avoir pour réaliser l'épreuve. On lui suggère ensuite un crayon ou une règle 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. (*NB.* — 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 16×16 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.

LA POPULATION

54 sujets de 4 à 9 ans ont été interrogés ; 29 d'entre eux ont été repris après quelques mois (4 à 10 mois), pour un total de 83 passations réparties en quatre groupes en fonction des âges des sujets : 4;6 à 4;11 ans ($N = 12$), 5;0 à 5;11 ans ($N = 35$), 6;0 à 6;11 ans ($N = 20$) et 7;0 à 9;3 ($N = 16$).

LES RÉSULTATS

Quatre types de conduite ont été définis à partir des constructions et des corrections réalisées par les sujets. Chacun de ces types est représentatif d'un âge donné.

Type I. Ce type de conduite est caractéristique des enfants de 4;6 à 4;11 (90 % de leurs constructions). — Il se subdivise en deux sous-types. Les constructions les plus rudimentaires (Ia) sont de simples segments rectilignes (« il faut quelque chose de long »), auxquels le sujet imprime des mouvements de rotation afin de contourner les obstacles (barrières).

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. (NB. — Modifier l'instrument construit 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 (Ib) (« 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.

Type II. Ce type de conduite est caractéristique des enfants de 5;0 à 5;11 (50 % de leurs constructions). — Il s'agit à nouveau de constructions coudées réalisées par étapes successives après essais ; mais elles se terminent toutes par un segment vertical destiné à pousser le plot 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 !

Type III. Ce type de conduite est caractéristique des enfants de 6;0 à 6;11 (80 % de leurs constructions). — Il se subdivise également en deux sous-types. 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 portent tout d'abord (IIIa) sur la longueur d'un des segments de l'instrument, considérée comme responsable de l'échec, le plus souvent paradoxalement sur la longueur du premier segment (le manche est considéré trop grand). La correction se fait parfois par adjonction ou suppression d'un élément à la jonction entre le 1^{er} et le 2^e segment. Il y a recherche d'une localisation précise de l'origine de l'impossibilité de pousser ou déplacer l'instru-

ment. Le problème est toujours conçu en termes de longueurs d'éléments et de distance à franchir et pas encore de rapports entre segments ou entre parties du dispositif. Puis les corrections se dirigent progressivement vers la prise en considération des rapports entre parties de l'instrument et du dispositif (III*b*). Sans ajouter ou enlever d'éléments, le sujet tente de modifier les positions relatives de deux parties de l'instrument (cf. fig. 3).

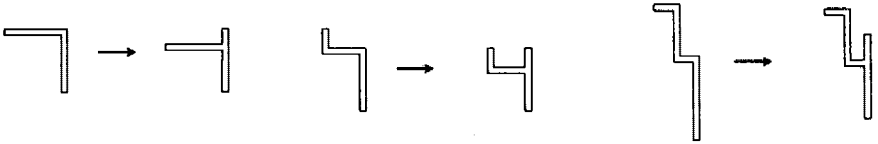


FIG 3. — Exemples de corrections caractéristiques des conduites de type III

Type IV. Ce type de conduite est caractéristique des enfants de 7;0 et plus (60 % de leurs constructions). — Comme pour le type III l'instrument est construit d'emblée intégralement. Aucune correction n'est effectuée sur le premier segment (ou « manche » de l'instrument), 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 (cf. fig. 4).

Pour la sit. II

Pour la sit. IV



FIG. 4. — 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 premiers types de conduite (I et II), nous montre :

- 1 / comment les enfants abandonnent progressivement l'idée de pouvoir transmettre directement toutes leurs actions à l'instrument, simple prolongement de leur bras (transmission absolue) ;
- 2 / comment les sujets découvrent (conçoivent, prennent conscience) 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.

Dans une *seconde étape* caractéristique des enfants de 6 à 9 ans, qui regroupe les deux derniers types de conduite (III et IV), l'instrument acquiert une signification d'ensemble et perd son caractère fragmenté. Il est conçu comme un tout. Mais dans un premier temps la fonction de déplacer transmise par l'instrument est référée (rapportée) à la longueur d'un segment (d'une de ses parties) avant de l'être correctement aux rapports existant entre les différentes parties de l'instrument et du dispositif.

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 du sujet qu'il est sensé « 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 des propriétés de l'objet et de celles de l'action qu'il lui imprime.

Il est temps maintenant de rendre plus explicite mon interprétation. A l'âge de 4 ans il ne fait aucun doute que l'enfant est capable de résoudre un problème de détour en action de façon manuelle ou locomotrice. Il possède donc un système ou des systèmes de connaissance constitué(s), que j'appelle perceptivomoteur(s). Placé dans des conditions qui rendent impossible une solution directe en action et qui nécessitent le recours à un intermédiaire, l'enfant à partir de 4 ans, grâce à de nouvelles capacités, est capable de concevoir progressivement des objets qui non seulement transmettent son action mais s'y substituent pour remplir certaines fonctions spécifiques. Confrontés à de telles situations, les enfants montrent la capacité de sélectionner, d'abstraire et de concevoir (d'élaborer conceptuellement) progressivement certaines propriétés partielles ou fragmentaires de la situation ou certaines caractéristiques de leurs actions. Il s'agit pour moi de la construction ou de l'élaboration d'un nouveau système de connaissance dont j'ai tenté de caractériser les étapes (de construction) : découverte progressive des diverses *fonctions « locales »* remplies par l'action ou des différentes propriétés (ou particularités ou requêtes ou exigences) de la situation qui rendent possible une première conception « réaliste » d'un instrument au moyen de représentations qualifiées de partielles ou de fragmentaires, parce que se référant seulement à certaines fonctions locales. Il s'agit d'instruments dotés de pouvoirs correspondant à différentes fonctions, dont la particularité serait le *caractère fragmenté ou morcelé* (ce que les psychanalystes appellent « objet partiel » ; une partie de l'objet est prise pour le tout). La transition principale, celle qui marque précisément la transition de 5 à 7 ans, est le passage d'une *conception morcelée* d'un objet en tant que juxtaposition de fonctions, de significations locales ou collection de propriétés, à la *conception unifiée* d'un instrument comme réalisant fondamentalement une fonction (ou transformation) globale

ou comme ayant une signification d'ensemble stable (ce que les psychanalystes appellent « objet total »). Il s'agit en fait d'une condition préalable à la structuration de l'instrument, à la maîtrise progressive des liens entre ses parties. [De la même façon, l'enfant doit parvenir à une identification stable des objets, de manière à maîtriser ensuite les rapports entre ses parties ou entre les dimensions significativement pertinentes par rapport à un problème donné.]

Il nous reste à aborder le problème crucial des liens entre systèmes de connaissance. A ce propos, il est important de dire que je ne considère pas le nouveau système en élaboration comme résultant d'une redescription représentative (Karmiloff-Smith, 1991), ni d'une transposition ou abstraction du système antérieur élaboré (Piaget, 1967, 1977 ; Mounoud, 1979, 1986a), mais comme une construction nouvelle, originale, qui se fait comme encadrée par le système constitué, qui contrôle initialement les échanges complexes automatisés avec les situations rencontrées (Mounoud, 1993a). [Il s'agit de ce que Freud et de nombreux psychanalystes à sa suite ont appelé une relation d'étayage ou de prise d'appui (parfois aussi dénommée relation d'anaclyse).]

Le sujet effectue au moyen des nouvelles représentations partielles construites (des nouvelles connaissances déclaratives, des nouveaux savoirs fragmentaires) une assimilation directe et réaliste de certains aspects des situations ou des objets rencontrés. [En termes psychanalytiques, le sujet projette sur le réel les significations partielles introjectées au cours de ses échanges antérieurs sans être capable de dissocier de façon satisfaisante ce qui vient de lui et ce qui est propre à l'objet (identification projective).]

Ces représentations ou savoirs fragmentaires s'intègrent et se coordonnent ensuite en représentations d'ensemble, consécutivement à la transformation des mécanismes centraux d'une part, et d'autre part en partie grâce à la cohérence apportée par le fonctionnement des systèmes de connaissances préalables constitués (qui ont encadré ou guidé les interactions du sujet avec son environnement).

Suite à cette première illustration empruntée à mes travaux antérieurs, il me semble utile de présenter maintenant des travaux plus récents réalisés également dans la perspective de comprendre les liens entre les compétences de l'enfant révélées par ses actions et par ses jugements. Il s'agit de situations de propulsion de balles.

LA PROPULSION DE BALLES : ACTIONS ET JUGEMENTS

Wilkening et ses collaborateurs (Fieberg, 1992 ; Krist, Fieberg et Wilkening, 1993 ; Wilkening et Anderson, 1991 ; Loskill, 1992) ont entrepris différentes recherches pour comparer les compétences d'enfants et d'adultes relatives à des problèmes de physique intuitive, telles que révélées (manifestées) au travers de leurs actions et de leurs jugements. Pour réaliser leur projet ils

ont imaginé des situations de propulsion (*propelling*) de balles à différentes distances et à partir d'une plate-forme de lancement, située à des hauteurs variables. [Il s'agit donc d'étudier les connaissances de physique intuitive relative aux trajectoires de mobiles. Les auteurs parlent en termes de vitesse de propulsion, il m'aurait semblé plus adéquat de parler en termes de force de propulsion.]

C'est ainsi que les sujets ont été testés dans deux conditions expérimentales appelées respectivement « action » et « jugement ». Dans la condition « action », destinée à l'estimation de leurs compétences dites perceptivomotrices, les sujets devaient propulser directement une balle en variant la vitesse (ou la force) de leur mouvement. Dans la condition « jugement », destinée à l'estimation de leurs compétences dites cognitives ou capacités de jugement, les sujets devaient actionner le bouton de réglage d'un appareil (potentiomètre) préalablement calibré pour eux en termes de variations de vitesse de propulsion. [L'expérimentateur mettait en correspondance trois positions du bouton de réglage de l'appareil avec trois vitesses de propulsion de la balle (minimale, moyenne et maximale).] Il s'agissait de comprendre quelles dimensions de la situation les sujets prenaient en considération pour faire varier (*to grade*) ces vitesses de propulsion (agies ou définies au moyen de l'appareil), quelle loi implicite le sujet utilisait pour régler ces vitesses (forces). En fait les vitesses de propulsion n'étaient pas enregistrées mais reconstituées (calculées) à partir de la position d'atterrissage de la balle.

Des enfants de classe enfantine âgés de 5-6 ans (âge moyen 5;11), des enfants de 4^e primaire (âge moyen 10;3) et des adultes ont été testés (40 sujets par groupe d'âge). Dans la condition « action » les trois groupes d'âge se comportaient conformément aux lois physiques qui déterminent les vitesses optimales par rapport aux distances des cibles et à la hauteur de propulsion. Toutefois, les valeurs des vitesses moyennes étaient loin des vitesses optimales, seules leurs variations (rapports) relatives étaient correctes (conformes à la loi physique ou dans des relations homothétiques par rapport aux valeurs déterminées par la loi physique). Par contre dans la condition « jugement », environ la moitié des enfants de 5-6 ans ne variaient pas leurs jugements de vitesse (les vitesses estimées au moyen du potentiomètre) de façon consistante, l'autre moitié du groupe des plus jeunes sujets (5-6 ans) ne variaient leur vitesse de propulsion que par rapport à une des dimensions : la distance de la cible pour 16 (40 %) d'entre eux et la hauteur de lancement pour 4 autres (10 %). Évalués sur les valeurs moyennes des performances du groupe, seule la distance était prise en considération de façon significative par les sujets de 5-6 ans. Dans les deux autres groupes d'âge, 26 des enfants de 9-10 ans (65 %) et 11 adultes (28 %) se sont comportés de façon comparable et n'ont pris en considération que la distance de la cible. Par contre 14 enfants de 9-10 ans (35 %) et 29 adultes (72 %) ont pris simultanément en considération la distance et la hauteur.

Dans la condition « jugement », on assiste donc à une transition (un développement) allant d'une centration sur une dimension à l'intégration des

différentes dimensions, alors que dans la condition « action » tous les sujets se sont avérés capables d'intégrer qualitativement des dimensions multiples (distances et hauteurs). Une expérience de contrôle dans la condition « action » a montré qu'aucun effet d'apprentissage n'intervenait.

L'interprétation des auteurs s'inspire du contexte piagétien et consiste à dire que les compétences des sujets révélées par leurs actions ou par leurs jugements dépendent de différentes sortes de représentation des connaissances (*knowledge representation*), l'une implicite, l'autre explicite. Signalons toutefois que pour Piaget l'opposition entre intelligence sensori-motrice et intelligence représentative est avant tout liée à la présence ou à l'absence de représentations symboliques ou sémiotiques. Les auteurs semblent également suivre Piaget en considérant que les représentations dites cognitives dérivent des représentations dites sensorimotrices par abstraction réfléchissante. Ils n'entrent toutefois pas en matière sur ce mécanisme complexe. Par contre il y aurait indépendance des actions (donc des représentations sensori-motrices) par rapport aux jugements (représentations cognitives). Les jugements dériveraient (seraient abstraits) des actions mais n'auraient pas nécessairement d'effet en retour sur elles. Leurs résultats semblent montrer une équivalence entre les actions produites par les enfants de 5-6 ans, 9-10 ans et les adultes. On aurait donc en parallèle deux systèmes de connaissance, l'un dérivant de l'autre mais sans action en retour. Cette interprétation me semble soulever un certain nombre de problèmes.

Le premier problème est relatif à la nature des habiletés qualifiées de sensori-motrices révélées par les actions des sujets. Il s'agit de ce que certains psychologues appellent des savoir-faire ou des connaissances procédurales (et de ce que j'appelle des habiletés déterminées par un système de connaissance constitué qui se manifeste sous forme procédurale). Il est évident que ces habiletés ont une genèse. Grâce à une étude réalisée par Fieberg (1992), un des collaborateurs de Wilkening, on apprend que c'est à partir de 4 ans que les enfants s'avèrent capables de tenir compte de façon intégrée des deux dimensions (hauteur et distance) dans le réglage de leurs actions de propulsion de balles. Ces habiletés résultent d'une construction dont l'essentiel a lieu au cours de la 3^e et de la 4^e année. Nous avons montré de façon comparable (Mounoud *et al.*, 1983) comment les enfants entre 3 et 5 ans deviennent progressivement capables, dans des activités de poursuite manuelle d'une cible en déplacement périodique, perçue visuellement, de tenir compte tout d'abord exclusivement de l'amplitude des déplacements de la cible, puis uniquement de la durée de ces déplacements, pour parvenir enfin à reproduire des mouvements qui tiennent compte simultanément de l'amplitude et de la durée, sans toutefois parvenir à synchroniser strictement leurs mouvements avec les déplacements de la cible. (On peut alors se demander si de telles habiletés ne supposent que des connaissances implicites.)

On constate donc que pour propulser directement des balles ou poursuivre une cible les enfants traversent des étapes dans lesquelles ils ne prennent en considération tout d'abord qu'une dimension (vers 3 ans) pour parvenir ulté-

rieurement à intégrer plusieurs dimensions (vers 4 ou 5 ans). On a donc une genèse comparable à celle mise en évidence au moyen des « jugements », avec un décalage de quelques années, la première construction s'effectuerait entre 2 et 4-5 ans, la seconde entre 5 et 9 ans. Qu'est-ce qui permet de dire que dans un cas on serait en présence de connaissances implicites et dans l'autre de connaissances explicites ? Serait-ce relatif à une capacité de verbalisation ? Cela ne semble pas être le cas étant donné que les « jugements » ne sont pas des verbalisations mais des manipulations. Est-ce dû au fait que seuls les jugements feraient intervenir des processus symboliques ? Mais les enfants de 3 et 4 ans sont parfaitement capables d'utiliser des processus symboliques ; pourquoi alors ces symbolisations n'interviendraient-elles pas dans le réglage de leurs actions ? Pour Piaget l'intelligence sensori-motrice résulte de prises de conscience et de démarches analytiques qui permettent au bébé d'*objectiver* le monde ; ce qui est déjà une forme d'explicitation ou de passage d'un implicite à un explicite. Il semble que dans les deux cas le sujet se livre à un travail d'explicitation ou d'objectivation qui s'accompagne probablement de ce qu'on appelle des prises de conscience et qui fait certainement intervenir des connaissances déclaratives et pas exclusivement procédurales (Mounoud, 1990).

Le deuxième problème majeur est de comprendre pourquoi les connaissances « explicites », selon Krist, Fieberg et Wilkening (1993), manifestées par les « jugements » de vitesse, ne semblent pas intervenir dans le contrôle des actions de propulsion. A ce sujet on peut se demander si les actions des sujets ne sont réellement pas affectées par leurs connaissances explicites, c'est-à-dire les connaissances manifestées dans leurs « jugements ». Par exemple, parmi le groupe des 10 ans, les 26 sujets (65 %) qui ne prennent en considération que la distance dans leurs « jugements » agissent-ils différemment des 14 sujets (35 %) qui sont capables d'intégrer la distance et la hauteur ? Ou encore, les 16 sujets de 5-6 ans (40 %) qui prennent en considération la distance agissent-ils différemment des 19 sujets de 5-6 ans (50 %) pour lesquels on ne trouve aucune variation systématique dans leurs jugements ? Il ne semble pas que les auteurs aient tenté de telles analyses. Peut-être aussi que la prise en considération d'autres variables serait nécessaire pour mettre en évidence de probables différences. Tant que de telles analyses ne sont pas faites, il est délicat d'affirmer l'équivalence des résultats des différents groupes dans leurs actions, puisque les actions elles-mêmes n'ont pas été analysées. Un cloisonnement, une étanchéité des jugements par rapport aux actions soulèverait des problèmes épistémologiques et pédagogiques importants. Toutes les habiletés motrices que j'ai étudiées se transforment au-delà de l'âge de 5 ans, qu'il s'agisse du soulèvement d'objets de poids variables (Gachoud *et al.*, 1983 ; Forssberg *et al.*, *in press*), de la poursuite visuo-manuelle ou du pointage de cibles (Mounoud *et al.*, 1985 ; Hauert *et al.*, 1990 ; Zanone, 1990 ; Badan, 1993), de productions graphomotrices (Vinter et Mounoud, 1991 ; Zesiger, 1994 ; Zesiger *et al.*, 1993), pour n'en citer que quelques-unes. Il serait surprenant que les conduites relatives à la propulsion de balles ne se modifient pas entre 5-6 ans et 9-10 ans.

D'une certaine façon, l'expérience de Krist *et al.* (1993) peut être considérée comme relativement proche de l'expérience que j'ai présentée sur la construction d'instrument. Dans les deux cas on est en présence de situations pour la solution desquelles les enfants de 4 ans disposent d'un système élaboré de connaissances perceptivomotrices. Dans les deux expériences, lorsqu'on demande aux sujets de réaliser l'épreuve non plus de façon directe mais par l'intermédiaire d'un instrument ou d'un appareil, ils doivent recourir à une nouvelle élaboration de la situation sur un plan conceptuel (ils doivent reconceptualiser la situation) et l'on voit apparaître des solutions partielles et fragmentaires qui mettent en évidence l'élaboration de nouveaux savoirs. Dans les deux cas, on assiste au passage de centration sur une dimension à l'intégration des dimensions pertinentes. Alors que l'élaboration des nouveaux savoirs conceptuels modifie complètement la façon dont les sujets agissent dans l'expérience du détour, il semble que les comportements de propulsion de balles ne sont pas affectés par les connaissances explicites manifestées dans les jugements. Je conserve toutefois mon hypothèse qu'une analyse directe des actions de propulsion (par opposition à la seule reconstitution d'une vitesse à partir du point de chute) devrait faire apparaître des modifications. De plus, il serait nécessaire d'étudier les groupes d'âge qui séparent les 6 ans des 9 ans. En effet, dans la plupart de nos recherches, les comportements ne se modifient pas de façon monotone durant cette période du développement.

Le troisième problème, et certainement le plus important, est de savoir si les connaissances « explicites » manifestées par les sujets dans leurs jugements découlent (dérivent) effectivement, comme le pensent les auteurs à la suite de Piaget, des connaissances manifestées dans leurs actions. Et si oui, de quelle manière ?

A nouveau je ne considère pas que les nouvelles connaissances des sujets révélées par leurs jugements dérivent directement des connaissances perceptivomotrices révélées par leurs actions. Il ne s'agit pas d'une redescription représentative ni d'une transposition ou abstraction complexe à partir des connaissances perceptivomotrices ou procédurales. Les connaissances conceptuelles ne proviennent pas non plus de la simple confrontation du sujet avec des situations nouvelles par abstraction simple des propriétés ou de la structure des situations ou événements rencontrés sans intervention des connaissances ou structures préalables. Toute explication purement inductive me paraît devoir être rejetée. Enfin les nouvelles connaissances ne résultent pas non plus de la seule maturation des structures internes du sujet. Cette maturation ne fait que rendre possible la construction de connaissances nouvelles. Il s'agit d'une véritable reconstruction ou reconceptualisation originale des situations rencontrées, à partir des échanges qu'entretient le sujet avec différentes situations. Ces échanges sont rendus possibles ou déterminés par les connaissances constituées antérieures qui sont sédimentées ou encapsulées et qui sont devenues par conséquent impénétrables ou inaccessibles à la conscience (elles sont devenues implicites après avoir été explicites). De même les procédures d'actions sont devenues automatisées à des degrés divers.

De plus, j'aimerais spécifier que les nouvelles connaissances ne restent pas sous forme purement conceptuelles ou déclaratives mais qu'elles donnent naissance également à de nouvelles connaissances pratiques ou procédurales. Ces nouvelles connaissances procédurales sont par conséquent elles aussi, comme les connaissances déclaratives qui les génèrent, locales, partielles et juxtaposées. On peut penser que le nouveau système de connaissance en constitution exerce progressivement une action inhibitrice sur le système préalable.

Il n'y aurait donc pas des systèmes de connaissance pratiques ou procéduraux et des systèmes conceptuels ou déclaratifs, mais des systèmes de connaissance qui se manifestent soit sous forme conceptuelle soit sous forme pratique. La transformation pour un système de connaissance donné se ferait des formes conceptuelles aux formes pratiques mais, répétons-le, initialement encadré par les formes pratiques du système de connaissance préalable (pour plus de détails, cf. Mounoud, 1993a).

Signalons au passage que l'hypothèse de l'abstraction réfléchissante n'est qu'une des deux principales hypothèses faites par Piaget pour expliquer la construction d'opérations logiques à partir des coordinations sensori-motrices. L'abstraction réfléchissante, comme on le sait, suppose un changement de plan ou de niveau de représentation. Dans cette hypothèse les opérations logico-mathématiques sont définies comme l'intériorisation des coordinations générales de l'action. Or, Piaget a également formulé une autre hypothèse plus simple et plus directe de filiation entre les actions (et les perceptions) définies comme des instruments de régulation mais qui ne parviennent qu'à des compensations partielles ou approximatives des perturbations-transformations et les opérations logico-mathématiques définies alors comme des instruments parfaits de régulation (possibilité de compensations complètes des perturbations-transformations) (Piaget, 1942). Cette hypothèse consiste à penser que les régulations partielles réalisées aux niveaux moteurs et perceptifs deviendraient progressivement « parfaites », le sujet prenant de plus en plus en considération les événements (les informations, les données) qui précèdent et qui suivent un événement donné par des capacités d'anticipation et de mémorisation accrues. Les activités du sujet deviendraient simultanément de plus en plus intériorisées. Il n'est plus question de changement de plan ni de représentation. J'ai récemment écrit un commentaire critique sur cet article (cette conception) de Piaget (Mounoud, 1992).

CONCLUSION

Dans cet article j'espère être parvenu à expliciter ce qui constitue pour moi la transition majeure des conduites de l'enfant entre 5 et 7 ans et qui résulterait de la transformation des mécanismes cognitifs centraux. Il s'agit de la capacité d'intégrer ou de coordonner en un tout les connaissances par-

tielles et fragmentaires des objets construites par les enfants de 4 et 5 ans au moyen de nouveaux systèmes de connaissances. Une fois parvenus à caractériser ((re)conceptualiser) les objets comme des entités stables (totalités), à les identifier comme conceptuellement indépendants de l'action en cours, les enfants entre 6 et 10 ans doivent encore construire les relations qui unissent les différentes propriétés qui coexistent dans l'objet, ainsi que les relations entre objets par rapport à certaines propriétés données.

Le point central serait donc cette capacité de grouper (*grouping*) ou de groupement (*chunk*) d'unités signifiantes (juxtaposées) en totalités, ou encore cette capacité de coordonner ou d'intégrer des composants cognitifs isolés, ce qui a été parfois appelé le *cognitive chunking*, qui pourrait correspondre au *perceptual grouping*. Le passage d'activités ou de traitements successifs à des traitements simultanés serait une conséquence de ce changement majeur. Dans un article récent (Mounoud, 1993a), j'ai développé le même modèle mais tel qu'il se concrétise chez le bébé au cours de ses trois premières années. Dans cet article, j'ai pris position de façon détaillée par rapport à l'approche de Mandler (1988) que je n'ai pas discutée ici.

Du point de vue de l'approche expérimentale, le changement radical de perspective que j'ai tenté de réaliser consiste à envisager les répercussions des conceptualisations nouvelles sur l'organisation des actions plutôt que d'étudier les conceptualisations elles-mêmes. Il s'agit en quelque sorte de renverser complètement la perspective classique ou traditionnelle. Les nouvelles structurations de nos actions résulteraient des conceptualisations nouvelles. C'est dans ce sens que durant vingt ans j'ai étudié le développement moteur pour aborder d'une autre façon l'étude du développement cognitif. Il est vrai que les résultats obtenus par Wilkening pourraient constituer une réfutation totale de ce point de vue. Toutefois les modifications des conduites de l'enfant dans la construction d'instruments ainsi que les transformations des conduites motrices dans toutes les tâches que j'ai étudiées me permettent de conserver une certaine confiance dans la perspective présentée ici. Il reste à étudier simultanément chez les mêmes sujets les transformations respectives des conceptualisations ou raisonnements explicites et des réalisations pratiques comme j'avais commencé à le faire dans les recherches sur la constructions d'instruments.

Pour clore et pour autant qu'il soit encore nécessaire je préciserai ma position. Pour moi, il est donc évident que les comportements des enfants de 7 ans diffèrent de ceux des enfants de 5 ans. A l'origine, les différences sont qualitatives, mais elles engendrent nécessairement des différences quantitatives. Concevoir un instrument de façon unifiée plutôt que comme une constellation de fonctions constitue un changement qualitatif notoire. Les corrections apportées aux constructions manifestent des changements quantitatifs non moins importants : ajouter des parties supplémentaires à une construction ou modifier des rapports entre les différents segments d'un instrument illustrent bien ces changements. De même, prendre en considération les différentes dimensions d'un problème de façon séparée ou intégrée consti-

tue simultanément des changements qualitatifs et quantitatifs, comme c'est le cas dans la genèse de la conservation du nombre par rapport à la longueur et à la densité des collections. Les changements sont dus à l'émergence de nouvelles conduites, mais qui dépendent en partie de conduites antérieures. Enfin, les conduites antérieures sont réorganisées dans le sens où elles sont progressivement prises sous contrôle par les nouvelles conduites.

Remerciements

Je désire remercier chaleureusement Anne Aubert et Pascal Zesiger pour leur solide soutien et leur aide infatigable tout au long de la gestation de cet article ; Claude-Alain Hauert pour ses commentaires critiques, Denis Page pour les figures, ainsi que Françoise Schmitt pour son efficace travail de secrétariat.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Badan M. (1993), *Le développement du contrôle moteur dans une tâche séquentielle chez des enfants de 6 à 10 ans*, thèse de doctorat non publiée, Université de Genève, Suisse.
- Bideaud J. (1988), *Logique et bricolage chez l'enfant*, Presses Universitaires de Lille.
- 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*, Oxford, Clarendon Press, p. 337-370.
- Diamond A. et Gilbert J. (1989), Development as progressive inhibitory control of action : Retrieval of a contiguous object, *Cognitive Development*, 4, 223-249.
- Donaldson M. (1978), *Children's Mind*, London, Fontana.
- Edelman G. M. (1987), *Neural Darwinism. The Theory of Neural Group Selection*, New York, Basic Books.
- Fayol M. (1990), *L'enfant et le nombre : du comptage à la résolution de problèmes*, Neuchâtel, Delachaux & Niestlé.
- Fieberg E. (1992), *Die Intuitive Physik der Kinematik : Untersuchungen zur Repraesentation des Wissens ueber Flugbahnen im Handeln, Wahrnehmen und Urteilen. [The Intuitive Physics of Kinematics : Studies on the Representation of Knowledge about Trajectories in Action, Perception, and Judgment]*, Unpublished doctoral dissertation, University of Frankfurt.
- Forsberg H., Eliasson A. C., Kinoshita H., Johansson R. S. et Westling G. (in press), *Development of Human Precision Grip. I : Basic Coordination of Force*.
- Gachoud J. P., Mounoud P., Hauert C. A. et Viviani P. (1983), Motor strategies in lifting movements : A comparison of adult and children performances, *Journal of Motor Behavior*, 15 (3), 202-216.
- Guillaume P. et Meyerson I. (1930), Recherches sur l'usage de l'instrument chez les singes, I : Le problème du détour, *Journal de Psychologie*, XXVII.
- Guillaume P. et Meyerson I. (1931), Recherches sur l'usage de l'instrument chez les singes, II : L'intermédiaire lié à l'objet, *Journal de Psychologie*, XXVIII.
- Guillaume P. et Meyerson I. (1934), Recherches sur l'usage de l'instrument chez les singes, III : L'intermédiaire indépendant de l'objet, *Journal de Psychologie*, XXXI.
- Guillaume P. et Meyerson I. (1937), Recherches sur l'usage de l'instrument chez les singes, IV : Choix, correction, invention, *Journal de Psychologie*, XXXIV.
- Halverson H. M. (1931), An experimental study of prehension in infants by means of systematic cinema records, *Genetic Psychology Monographs*, 10, 107-286.

- Harnad S. (1987), Category induction and representation, in S. Harnad (Ed.), *Categorial Perception. The Groundwork of Cognition*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 535-565.
- Hauert C. A., Zanone P. G. et Mounoud P. (1990), Development of motor control in the child : Theoretical and experimental approaches, in O. Neumann et W. Prinz (Eds), *Relationships between Perception and Action : Current Approaches*, Springer-Verlag, p. 325-343.
- Hofsten C. von (1990), A perception-action perspective on the development of manual movements, in M. Jeannerod (Ed.), *Attention and Performance*, vol. XIII, Hillsdale, NJ, Erlbaum, p. 739-762.
- Houdé O. (1992), *Catégorisation et développement cognitif*, Paris, PUF.
- Karmiloff-Smith A. (1991), Beyond modularity : Innate constraints and developmental change, in S. Carey et R. Gelman (Eds), *The Epigenesis of Mind : Essays on Biology and Cognition*, Hillsdale, NJ, Erlbaum, p. 171-197.
- Keil F. C. et Kelly M. H. (1987), Developmental changes in category structure, in S. Harnad (Ed.), *Categorial Perception. The Groundwork of Cognition*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 491-510.
- Koehler W. (1917), *Intelligenzprüfungen an Menschenaffen*, trad. franç. par P. Guillaume (1927), *L'intelligence des singes supérieurs*, Paris, Alcan.
- Krist H., Fieberg E. et Wilkening F. (1993), Intuitive physics in action and judgment : The development of knowledge about projectile motion, *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 19 (4), 952-966.
- Lockman J. J. et Ashmead D. H. (1983), Asynchronies in the development of manual behavior, in L. P. Lipsitt et C. K. Rovee-Collier (Eds), *Advances in Infancy Research*, vol. 2, Norwood, NJ, Ablex, p. 113-136.
- Loskill J. (1992), *Intuitive Physik im kindlichen Handeln : Ist Implizites Wissen ueber Flugbahnen bewegungsspezifisch ? [Intuitive Physics in Children's Actions : Is Implicit Knowledge about Projectile Motion Effector-Dependent ?]*, Unpublished Master Thesis, University of Frankfurt.
- Mandler J. M. (1988), How to build a baby : On the development of an accessible representational system, *Cognitive Development*, 3, 113-136.
- Morton J. et Johnson M. H. (1991), Conspic and conlern : A two-process theory of infant face recognition, *Psychological Review*, 98, 164-181.
- Mounoud P. (1968), Construction et utilisation d'instruments chez l'enfant de 4 à 8 ans : Intériorisation des schèmes d'action et types de régulations, *Revue suisse de Psychologie*, 27 (3-4), 200-208.
- Mounoud P. (1970), *Structuration de l'instrument chez l'enfant*, Neuchâtel, Delachaux & Niestlé.
- Mounoud P. (1979), Développement cognitif : construction de structures nouvelles ou construction d'organisations internes, *Bulletin de Psychologie*, 33, 343, 107-118. [Translation in I. E. Sigel, D. M. Brodzinsky et R. M. Golinkoff (Eds) (1981), *New Directions in Piagetian Theory and Practice*, Hillsdale, NJ, Erlbaum], p. 99-114.
- Mounoud P. (1986a), Similarities between developmental sequences at different age periods, in I. Levin (Ed.), *Stage and Structure*, Norwood, Ablex, p. 40-58.
- Mounoud P. (1986b), Action and cognition. Cognitive and motor skills in a developmental perspective, in M. G. Wade et H. T. A. Whiting (Eds), *Motor Development in Children*, Dordrecht, M. Nijhoff, p. 373-390.
- Mounoud P. (1988), The ontogenesis of different types of thought, in L. Weiskrantz (Ed.), *Thought without Language*, Oxford, Oxford University Press, p. 25-45.
- Mounoud P. (1990a), Cognitive development : Enrichment or impoverishment, in C. A. Hauert (Ed.), *Developmental Psychology : Cognitive, Perceptuo-Motor and Neuro-Psychological Perspectives*, Amsterdam, North Holland, p. 389-414.
- Mounoud P. (1990b), Consciousness as a necessary transitory phenomenon in cognitive development, *Psychological Inquiry*, 1 (3), 253-258.
- Mounoud P. (1992), Continuité et discontinuité du développement psychologique, *Revue suisse de Psychologie*, 51 (4), 236-241.

- Mounoud P. (1993a), The emergence of new skills : Dialectic relations between knowledge systems, in G. J. P. Savelsbergh (Ed.), *The Development of Coordination in Infancy*, Amsterdam, North Holland, Elsevier Science Publishers, p. 13-46.
- Mounoud P. (1993b), Les rôles non spécifiques et spécifiques des milieux dans le développement cognitif, in J. Wassmann et P. Dasen (Eds), *Les savoirs quotidiens. Les approches cognitives dans le dialogue interdisciplinaire*, Fribourg, Presses Universitaires.
- Mounoud P., Hauert C. A., Mayer E., Gachoud J. P., Guyon J. et Gottret G. (1983), Visuomanual tracking strategies in the three to five year-old child, *Archives de Psychologie*, 51, 23-33.
- Mounoud P., Viviani P., Hauert C. A. et Guyon J. (1985), Development of visuomanual tracking in 5- to 9-year-old boys, *Journal of Experimental Child Psychology*, 40, 115-132.
- Nelson K. (1983), The derivation of concepts and categories from event representations, in E. K. Scholnick (Ed.), *New Trends in Conceptual Representation : Challenges to Piaget's Theory ?*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum, p. 129-149.
- Piaget J. (1937), *La construction du réel chez l'enfant*, Neuchâtel, Delachaux & Niestlé.
- Piaget J. (1942), Les trois structures fondamentales de la vie psychique : Rythme, régulation et groupement, *Revue suisse de Psychologie*, 1, 9-21.
- Piaget J. (1967), *Biologie et connaissance*, Paris, Gallimard.
- Piaget J. (1977), *Recherches sur l'abstraction réfléchiante*, Paris, PUF.
- Posner M. I. et Rothbart M. K. (1991), Les mécanismes de l'attention et de l'expérience, *Revue de Neuropsychologie*, 2 (1), 85-115.
- Shallice T. (1991), Précis of « From neuropsychology to mental structure », *Behavioral and Brain Sciences*, 14, 429-469.
- Spelke E. S. (1991), Physical knowledge in infancy : Reflections on Piaget's theory, in S. Carey et R. Gelman (Eds), *The Epigenesis of Mind : Essays on Biology and Cognition*, Hillsdale, NJ, Erlbaum, p. 133-169.
- Vinter A. et Mounoud P. (1991), Isochrony and accuracy of drawing movements in children : Effects of age and context, in J. Wann, A. M. Wing et N. Sovik (Eds), *Development of Graphic Skills : Research Perspectives and Educational Implications*, Academic Press, p. 113-137.
- Wilkening F. et Anderson N. H. (1991), Representation and diagnosis of knowledge structures in developmental psychology, in N. H. Anderson (Ed.), *Contributions to Information Integration Theory*, vol. III : *Developmental*, Hillsdale, NJ, Erlbaum, p. 45-80.
- Zanone P. G. (1990), Tracking with and without target in 6- to 15-year-old boys, *Journal of Motor Behavior*, 22 (2), 225-249.
- Zesiger P. (1994), *Ecrire : approches cognitives, neuropsychologiques et développementales*, Paris, PUF.
- Zesiger P., Mounoud P. et Hauert C. A. (1993), Effects of lexicality and trigram frequency on handwriting production in children and adults, *Acta Psychologica*, 82, 353-365.