

Fonctionnements et développements cognitifs :  
une approche pluraliste de la question

Jacques Lautrey\* et Xavier Caroff\*\*

\*Université de Paris 5  
Laboratoire Cognition et Développement, UMR CNRS 8605  
62 rue Vergniaud, 75013 Paris  
e-mail : Jacques.Lautrey@wanadoo.fr

\*\*Université de Paris 5  
Laboratoire Cognition et Développement, UMR CNRS 8605  
71 avenue Edouard Vaillant, 92774 Boulogne-Billancourt Cedex  
e-mail : caroff@psycho.univ-paris5.fr

## Résumé

Les relations entre fonctionnement et développement cognitifs sont discutées à propos de la notion de conservation. Deux processus sont supposés être activés simultanément dans la situation de conservation: (a) la centration sur une des dimensions de la transformation et (b) l'inférence fondée sur l'identité de l'objet. L'hypothèse selon laquelle l'interaction de ces deux processus est une des sources du développement de la notion de conservation est testée par une expérience d'apprentissage conduite avec 116 enfants non conservants (âge moyen 5 ;6). Le plan d'expérience croise les deux processus (celui utilisé préférentiellement par l'enfant avec celui entraîné par la situation d'apprentissage). Les résultats sont compatibles avec l'hypothèse selon laquelle le processus d'inférence fondé sur l'identité joue un rôle de guidage dans le développement du processus de traitement des dimensions de la transformation.

**Mots-clés:** Développement cognitif, Fonctionnement cognitif, Conservation, Différences individuelles, Apprentissage, Approche pluraliste

## Abstract

The relationship between cognitive functioning and development are discussed with regard to the concept of conservation. Two processes are supposed to be activated simultaneously in the situation of conservation: (a) focusing on one of the dimensions involved in the transformation and, (b) making inferences based on the object's identity. The hypothesis that the interaction between these two processes is one of the sources of development of the concept of conservation was tested in a training experiment with 116 non-conserving children (mean age: 5 years 6 months). The experimental design crossed these two processes (the one used preferentially by the child with the process elicited by the training situation). Results indicate that the inferential process based on the object's identity plays a guiding role in the development of the processing of the dimensions involved in the transformation.

**Keywords:** Cognitive development, Cognitive functioning, Conservation, Individual differences, Training, Pluralistic approach

## INTRODUCTION

Commençons par préciser le sens des termes employés dans le titre. Le pluralisme dont il est ici question est d'abord le pluralisme des processus en jeu dans le fonctionnement cognitif. Beaucoup de modèles du fonctionnement décrivent le processus, au singulier, par lequel une réponse est élaborée. L'approche pluraliste part de l'hypothèse selon laquelle dans la plupart des situations, au contraire, plusieurs processus sont susceptibles de participer à l'élaboration d'une même réponse, de remplir une même fonction. Ils peuvent être dits équi-fonctionnels, mais non identiques. Ils peuvent remplir la même fonction (quantifier par exemple) mais par des moyens différents ou en traitant des aspects différents de l'information.

### **La relation de vicariance entre processus**

L'étude du fonctionnement cognitif passe alors par l'étude des relations qu'entretiennent ces différents processus. Ils peuvent entretenir des relations de compétition dans lesquelles l'un de ces processus, toujours le même, l'emporte sur les autres. Ils peuvent aussi entretenir des relations de vicariance (Reuchlin, 1978), c'est à dire des relations de substitution. Selon les sujets et selon les situations, l'un ou l'autre des processus vicariants prend le pas. A situation constante, la relation de vicariance autorise des préférences individuelles dans le choix de tel ou tel des processus équi-fonctionnels. La pluralité des processus est ainsi à l'origine de la pluralité des modes de fonctionnement des individus, elle donne lieu à une *variabilité interindividuelle* de la stratégie cognitive. Les différences qui résultent de la vicariance ne sont pas des différences de performance (bien qu'elles puissent donner lieu aussi à des différences de performance) mais des différences qualitatives, des différences de cheminement dans la résolution d'un même problème.

La relation de vicariance autorise aussi, à individu constant cette fois-ci, la substitution d'un processus à un autre lorsque la situation varie. Une situation peut en effet solliciter de façon préférentielle un des processus équi-fonctionnels figurant dans le répertoire. La pluralité des processus engendre donc aussi *une variabilité intra-individuelle* des stratégies au cours du temps, en fonction des variations de la situation. Dans le modèle de la vicariance proposé par Reuchlin (1978), la sélection d'un des processus en compétition s'appuie sur les différences qui existent entre leurs probabilités d'évocation. La probabilité attachée à un processus pour un individu donné dans une situation donnée est la résultante de sa probabilité d'activation pour cet individu et de sa probabilité d'évocation pour cette situation. Le processus qui a le plus de chances d'être activé est donc celui dont le produit de ces deux probabilités est le plus élevé et il est possible que ce ne soit pas le même chez des individus différents et dans des situations différentes.

### **Les relations d'interaction entre processus**

La relation de vicariance introduit donc une certaine souplesse dans le fonctionnement cognitif, qui peut varier selon les moments et les individus. Toutefois, à chaque moment et chez chaque individu, un seul de ces processus est finalement activé : celui qui a été sélectionné. Un troisième type de relation envisageable est l'interaction entre processus. Dans la relation d'interaction, le déroulement de chacun des processus influence le déroulement des autres, ce qui suppose cette fois-ci que plusieurs des processus en compétition soient activés en même temps. Alors que la relation de vicariance reste compatible avec un mode de fonctionnement séquentiel (un seul processus activé à la fois), la relation d'interaction conduit à envisager plutôt un mode de fonctionnement parallèle. Lorsque plusieurs processus sont activés en parallèle et interagissent, ils forment un système et leur interaction peut être une source d'auto-organisation de ce système. Différentes formes d'interaction peuvent être

envisagées, par exemple le support mutuel qui est une relation symétrique (le déroulement de chacun des processus facilite le déroulement des autres) ou le guidage qui est une relation dissymétrique (le déroulement d'un des processus facilite le déroulement des autres). Si on admet par ailleurs que, comme dans le modèle de la vicariance, les processus activés simultanément ne sont pas exactement les mêmes chez des sujets différents, ou que ces processus soient activés avec des pondérations différentes chez des individus différents, leur interaction peut alors prendre des formes différentes. Dans ce cas, l'évolution du système qu'ils forment peut suivre des cheminements différents, des trajectoires développementales différentes, selon les individus (Lautrey, 1987, 1990, 2003). En somme, dans l'interaction dynamique, la pluralité des processus peut être à la fois source de différenciation entre les individus et de développement.

C'est précisément à cette relation d'interaction entre processus que nous nous intéresserons plus particulièrement ici. Dans la mesure où ce mode de fonctionnement peut être source d'auto-organisation, il peut engendrer un développement et constitue donc un exemple privilégié de relation entre fonctionnement et développement.

### **Les relations entre fonctionnements et développements**

L'approche pluraliste fait donc l'hypothèse qu'une des sources du développement est dans le fonctionnement. Peut-on pour autant assimiler le développement au fonctionnement ? Nous ne le pensons pas. Une autre source de changement développemental se situe dans les phénomènes de maturation du système nerveux central (SNC). On ne connaît pas encore le détail de ces phénomènes de maturation, mais on sait que différentes modifications du SNC covariant avec des modifications du comportement pendant l'enfance, notamment la myélinisation des axones, la croissance de ces axones, l'augmentation des taux de concentration des neurotransmetteurs, la multiplication des dendrites. Un des effets de ces

différents changements d'ordre neurophysiologique est de connecter des aires cérébrales qui ne l'étaient pas encore, ou qui ne l'étaient pas autant. Thatcher (1992, 1996) a montré cette évolution de la connectivité entre aires cérébrales dans une étude semi-longitudinale couvrant une période de 6 mois à 16 ans par des méthodes d'EEG. La méthode consistait à calculer les corrélations entre les fréquences recueillies sur toutes les électrodes prises 2 à 2 et à comparer la structure de ces corrélations aux 64 occasions de mesure réalisées au cours du développement (4 mesures pour chacune des 16 années). L'augmentation de la corrélation entre deux aires correspond à une augmentation de la cohérence de leurs fréquences sur l'enregistrement EEG et donc, probablement, à une augmentation des connexions qui les relient. Le pattern d'évolution développementale est assez complexe, mais sans entrer dans le détail, il met en évidence des cycles d'environ 4 ans, qui parcourent l'ensemble du cerveau et se terminent par des pics de connexions entre les aires frontales et les aires postérieures. Ces cycles de 4 ans correspondent en gros aux grands stades mis en évidence par des auteurs neo-piagétiens comme Kurt Fischer (cf. Fischer et Rose, 1994). Ces stades neo-piagétiens reçoivent une dénomination et une interprétation différentes de celle de Piaget, mais leur déroulement temporel est très proche de celui des grands stades piagétiens). Chaque phase de poussée des connexions entre deux aires semble suivie d'une phase d'élagage, de sélection, au cours de laquelle seules les connexions qui fonctionnent sont retenues. En ce sens, les aspects du développement qui relèvent de la maturation sont contraints par le fonctionnement. Réciproquement, la maturation du SNC a une dynamique propre qui contraint les possibilités de fonctionnement. Cette contrainte est – selon nous - celle qui fixe la limite supérieure de ce que Vygotski appelait la « zone proximale » de développement.

Une des sources du changement développemental réside donc dans l'accroissement du potentiel de connectivité neuronale qui résulte de la maturation neurophysiologique. Une autre source réside dans des formes de fonctionnement qui, à potentiel de connectivité

constant, peuvent engendrer des connections nouvelles. Concernant cette seconde source de développement, qui nous paraît correspondre à la notion de zone proximale de développement, Vygotski attribuait un rôle privilégié à la médiation sociale, au rôle structurant que peut jouer, vis a vis de l'enfant, un autre plus compétent que lui. Nous mettons pour notre part l'accent, dans cet exposé, sur le rôle structurant que peut jouer la dynamique des interactions entre processus. Ce second point de vue n'est pas incompatible avec celui de Vygotski, mais il est focalisé sur les mécanismes internes du changement développemental. L'effet cognitif de l'interaction sociale passe en effet par des mécanismes internes qu'il faut bien préciser. Par ailleurs, ces mécanismes internes peuvent n'être pas spécifiques à l'interaction sociale.

Ce qui vient d'être dit du fonctionnement et du développement cognitifs fait apparaître une double indétermination. Au niveau de la maturation du SNC, le double processus de prolifération et de sélection des connexions laisse de nombreux degrés de liberté dans la structure fine des connexions neuronales. Au niveau du fonctionnement, la pluralité des processus susceptibles de remplir une même fonction laisse de nombreux degrés dans l'organisation de la conduite. Cette double indétermination a pour conséquence qu'à l'échelle de temps du fonctionnement, plusieurs stratégies cognitives sont en général possibles pour résoudre un même problème, et qu'à l'échelle de temps du développement, plusieurs cheminements sont possibles pour construire une même notion. C'est la raison pour laquelle fonctionnements et développements ont été écrits au pluriel dans le titre de cet article.

### **Comment mettre l'approche pluraliste à l'épreuve des faits ?**

La validation du modèle pluraliste de fonctionnements et de développements qui vient d'être présenté suppose donc que l'on puisse identifier, dans la réalisation d'une tâche, plusieurs processus susceptibles de remplir une même fonction. Il faut aussi pouvoir montrer

que ces processus sont activés simultanément et ont des poids différents selon les individus et selon les situations. Il faut en outre pouvoir montrer que l'interaction des différents processus activés simultanément est source de développement.

Une des recherches entreprises pour tester ce modèle pluraliste porte sur le développement de la notion de conservation (Caroff, 1997, 2002 ; Lautrey et Caroff, 1996 ; 1999). Le choix de la notion de conservation a été motivé par le fait que, dans le passé, deux processus très différents ont été envisagés pour expliquer la genèse de cette notion, l'un par Piaget et l'autre par Bruner, chacun de ces deux auteurs défendant le processus - au singulier - lui paraissant impliqué. L'hypothèse que nous avons cherché à vérifier est que tous deux sont activés simultanément lors du jugement de conservation. Rappelons que Piaget expliquait le jugement de non conservation par un mécanisme de centration sur une des dimensions de la transformation, par exemple la hauteur dans le cas de l'épreuve de conservation des liquides, et pensait que le développement de la notion de conservation passait par la coordination, au sein d'une même opération mentale, de la représentation des transformations relatives à la hauteur et des transformations relatives à la largeur (Piaget, 1975). Bruner, pour sa part, pensait que l'origine de la conservation était plutôt à chercher « dans un sens primitif de l'identité qui est soit inné, soit se développe bien avant que l'enfant soit actif dans la manipulation des objets » (Bruner, 1966, p.186). Un des arguments de Bruner en faveur de l'existence de ce sens primitif de l'identité était que lorsque le liquide est versé derrière un écran laissant voir que les diamètres sont différents, mais cachant le niveau atteint par le liquide dans le verre d'arrivée, les enfants pensent qu'il y a la même chose à boire dans les deux verres (mais ils redeviennent non conservants lorsque l'écran est retiré).

Des recherches ultérieures (Acredolo, 1981, Acredolo et Acredolo, 1979, 1980 ; Caroff, 2002) ont confirmé que dans une situation d'anticipation de la conservation, lorsque l'on demande à l'enfant d'imaginer (sans faire réellement cette action) ce qui se passerait si



on versait le liquide du verre de départ dans un verre d'arrivée de forme différente, par exemple plus étroit, on trouve bien ce sens précoce de l'identité chez une partie des enfants qui sont par ailleurs non conservants dans la situation piagétienne. Ces enfants anticipent qu'il y aura la même chose à boire dans le verre plus étroit. Pour autant, cette anticipation n'est pas due, comme le pensait Piaget, à une incapacité à imaginer la transformation puisqu'ils sont aussi capables lorsqu'on leur pose la question, d'anticiper que le niveau du liquide va monter dans un verre d'arrivée plus étroit (ou baisser dans un verre d'arrivée plus large). Nous faisons l'hypothèse que cette anticipation de la conservation, lorsqu'on la trouve chez des enfants par ailleurs clairement non conservants dans la situation piagétienne, repose sur une généralisation de l'identité qualitative (c'est la même eau), à l'identité quantitative (j'en infère qu'il y aura donc la même quantité). A côté de ce patron de réponse qui n'est pas compatible avec la théorie de Piaget sur la genèse de la conservation, on trouve le patron de réponse classique, compatible celui-ci avec sa théorie : dans la situation d'anticipation, une autre partie des sujets prévoit que le niveau de l'eau va changer, par exemple monter plus haut dans le verre plus étroit, mais ils anticipent par contre qu'il y aura plus à boire dans le verre plus étroit. Nous supposons que dans ce cas, l'inférence sur la quantité se fonde davantage sur l'analyse dimensionnelle du liquide (et plus spécifiquement ici sur le changement de la hauteur). Les différents patrons de réponse observés dans la situation d'anticipation de la conservation<sup>1</sup> traduisent selon nous des différences de poids dans deux des processus activés par cette situation chez les enfants : pondération plus importante, dans le jugement de la quantité, du processus d'inférence fondé sur la généralisation de l'identité qualitative chez les premiers (que nous appellerons, pour simplifier, sujets « identité » par la suite) ; pondération

---

<sup>1</sup> Acredolo et Acredolo (1979 ; 1980) ont mis en évidence d'autres patrons, notamment le patron que Piaget appelait de « pseudo-conservation », dans lequel les sujets n'anticipent pas le changement de niveau et anticipent la conservation de la quantité, ce qui laisse penser que ceci explique cela. Nous avons également retrouvé ce patron de réponse (Caroff, 2002 ; Lautrey et Caroff, 1999) mais nous n'en parlerons pas ici.

plus importante de la différence sur une des dimensions de la transformation chez les seconds (que nous appellerons sujets « dimensionnels » dans ce qui suit).

Une étude longitudinale de l'évolution de ces patrons de réponse a montré qu'ils n'étaient pas développementalement ordonnés (Caroff, 2002). Tout se passe comme si les changements de patron de réponse d'anticipation de la conservation traduisaient plutôt des fluctuations, avec l'âge, des poids relatifs des deux processus en présence. Pour tester l'hypothèse selon laquelle ces deux processus sont activés simultanément dans la tâche de jugement de conservation nous avons, dans une autre expérience, contrasté deux groupes de sujets, de cinq ans et demi d'âge moyen, en fonction de leurs patrons de réponse dans la situation d'anticipation de la conservation. Les uns (sujets « identité »), anticipaient à la fois la conservation et le changement de niveau et étaient donc supposés accorder un poids plus important, dans leur jugement de quantité, au processus d'inférence fondé sur l'identité qualitative (c'est la même eau), les autres (sujets « dimensionnels ») anticipaient le changement de niveau mais pas la conservation et étaient donc supposés accorder un poids plus important à l'anticipation de la différence de niveau entre les deux verres. Deux semaines après avoir passé l'épreuve d'anticipation de la conservation (où aucune transformation n'était réellement effectuée), ces deux groupes de sujets ont été examinés dans une situation piagétienne de conservation (où le liquide était cette fois-ci réellement versé). Il leur était d'abord demandé s'il y avait toujours la même chose à boire. Compte tenu de leur âge, cinq ans et demi en moyenne, la plupart répondait qu'il y avait plus à boire dans le verre le plus étroit (jugement de non conservation). Seuls les enfants clairement non conservants participaient à la suite de l'expérience. Puisqu'ils avaient dit qu'il y avait plus à boire dans le verre plus étroit, il leur était ensuite demandé d'estimer, sur une échelle spécialement adaptée pour cette tâche, l'importance de la différence de quantité entre les deux verres. Notre hypothèse était que si les deux processus en compétition sont bien activés simultanément dans

cette tâche de jugement, les sujets « identité », supposés accorder un poids plus important à l'identité devraient juger la différence (apparente) de quantité moins importante. C'est bien ce qui a été observé. Ce résultat validait du même coup l'existence de différences individuelles dans les poids accordés aux deux processus (Lautrey et Caroff, 1997, 1999).

Les expériences qui viennent d'être brièvement rapportées ont apporté quelques éléments de validation du modèle pluraliste de fonctionnement et de développement exposé plus haut. Elles ont montré que dans la réalisation d'une tâche – ici celle de conservation des liquides – au moins deux processus différents susceptibles de remplir une même fonction (inférer la quantité) pouvaient être identifiés (inférence fondée sur la différence de niveau des liquides et inférence fondée sur l'identité qualitative). Elles ont aussi montré que ces processus pouvaient avoir des pondérations différentes chez des individus différents et qu'ils pouvaient être activés simultanément. Il reste à montrer que l'interaction entre les différents processus activés simultanément est susceptible d'engendrer un développement. C'est l'objectif de l'expérience présentée ci-dessous.

#### EXEMPLE D'EXPERIENCE VISANT A PROVOQUER L'INTERACTION ENTRE PROCESSUS

Pour provoquer l'interaction des deux processus qui viennent d'être décrits, cette expérience s'appuie sur les différences individuelles d'une part et sur l'entraînement d'autre part. Les différences individuelles sont celles qui viennent d'être décrites. Dans la situation d'anticipation de la conservation, où les indices perceptifs jouent peu (les enfants ne voient à aucun moment la différence de niveau qu'ils anticipent) certains semblent s'appuyer davantage sur le changement de niveau qu'ils anticipent pour évaluer la quantité future (enfants « dimensionnels »), tandis que d'autres semblent s'appuyer davantage sur l'identité

qualitative du liquide (enfants « identité »). Même dans la situation piagétienne de conservation, où les indices perceptifs sur la différence de niveau sont cette fois-ci si prégnants que le traitement dimensionnel joue un rôle prépondérant chez tous les sujets (ce qui les conduit à donner une réponse de non conservation), on trouve encore la trace de cette différence de pondération relative des deux processus dans les deux groupes de sujets puisque les enfants « identité » trouvent la différence (apparente) de quantité moins importante.

L'apprentissage comporte deux modalités. La modalité « dimensionnelle » consiste à placer l'enfant dans une situation destinée à solliciter aussi fortement que possible le processus d'analyse des changements dans les dimensions et plus particulièrement, bien entendu, des changements dans la dimension négligée : la largeur du verre. La modalité « identité » de l'apprentissage place par contre les enfants dans une situation destinée à solliciter le processus de généralisation de l'identité qualitative.

L'hypothèse d'interaction laisse attendre que la situation d'apprentissage la plus favorable au développement soit celle qui sollicite le processus que le sujet n'active pas spontanément. Cette hypothèse peut être testée en croisant les deux modalités du facteur « apprentissage » avec les deux modalités du facteur « sujets ». Les cas où le plan d'expérience croise deux processus différents (celui activé préférentiellement par le sujet et celui sollicité par la situation d'apprentissage) sont ceux qui ont le plus de chances de susciter l'activation simultanée de ces deux processus et donc – selon le modèle pluraliste – ceux qui ont le plus de chances d'enclencher une dynamique auto-organisatrice dans le développement de la conservation.

La place impartie ne permet pas de décrire cette expérience dans tous ses détails, mais les différentes phases en sont présentées ci-dessous

## **Procédure générale**

Un prétest comportant une épreuve d'anticipation de la conservation suivie d'une épreuve piagétienne de conservation, a permis de sélectionner des enfants non conservants et de les répartir dans deux groupes de sujets, l'un étiqueté « dimensionnel » et l'autre étiqueté « identité ». Les sujets sélectionnés ont ensuite suivi deux séances d'apprentissage (trois pour ceux à qui deux séances n'avaient pas suffi pour atteindre le critère de réussite). La première séance avait lieu environ une semaine après le prétest et la seconde environ une semaine après la première. Un premier test destiné à évaluer les progrès dans l'épreuve de conservation a eu lieu une semaine après la dernière séance d'apprentissage. Un post-test a eu lieu trois mois après le test. Seuls les résultats du test seront présentés ici.

## **Sujets**

Le prétest a été administré à 232 enfants de grande section d'école maternelle. Sur ces 232 enfants, 116 ont été sélectionnés, 70 présentant le patron de réponse « dimensionnel » et 46 le patron de réponse « identité ».

## **Matériel**

Les récipients utilisés dans le prétest et dans les séances d'apprentissage étaient des verres en plexiglas de diamètres variables mais de hauteur constante et le liquide avec lequel ces verres étaient remplis était du jus d'orange. Trois types de verres étaient utilisés (les dimensions sont indiquées en cm, la première étant toujours la hauteur et la seconde le diamètre): deux verres standards identiques, S et S' (12,2 x 6,5) ; un verre large, L (12,2 x 9,6) ; un verre étroit, E (12,2 x 4, 8).

Un écran (30 x 50) était par ailleurs utilisé dans la seconde partie de l'apprentissage « identité ».

## Pré-test

### *Epreuve d'anticipation*

La procédure suivie dans cette épreuve était empruntée à Acredolo et Acredolo (1980). L'expérimentateur présentait les deux verres standards identiques S et S', contenant la même quantité de jus d'orange (5,5 cm de hauteur). Il s'attribuait ensuite le verre S, et donnait le verre S' à l'enfant en lui demandant « à ton avis, est-ce qu'il y a pareil de jus d'orange à boire dans les deux verres ? ». Lorsque l'enfant était d'accord sur l'égalité des quantités en S et en S', ce qui ne posait en général pas de problème, l'expérimentateur lui présentait le verre large L et lui posait une première fois la question *d'anticipation de la conservation* : « si je verse tout mon jus d'orange dans ce verre là (L), est-ce que j'aurai toujours pareil de jus d'orange à boire que toi ? ». La même question était ensuite posée avec le verre plus étroit (E).

Après avoir vérifié de nouveau l'accord de l'enfant sur l'égalité des quantités en S et en S', l'expérimentateur présentait de nouveau le verre large vide à l'enfant et lui posait la question *d'anticipation du niveau* : « Si je verse tout mon jus d'orange dans ce verre là (L), montre moi avec ton doigt jusqu'où le jus d'orange va monter dans le verre ». Le niveau montré par l'enfant était marqué et mesuré. Si la différence de niveau était ambiguë (moins de 1cm), une question était posée pour lever cette ambiguïté : « ça va monter plus haut, moins haut, ou pareil que dans ton verre ? ». La question *d'anticipation de la conservation* était posée une seconde fois aussitôt après : « et est-ce que j'aurai toujours pareil de jus d'orange à boire que toi ? ». La même procédure était ensuite suivie avec le verre étroit (E).

### *Epreuve de conservation standard*

Après avoir de nouveau vérifié l'accord de l'enfant sur l'égalité des quantités en S et en S', l'expérimentateur présentait le verre plus large (L) dans lequel il versait tout le contenu de son verre standard (S') avant de demander : « A ton avis, est-ce que j'ai toujours pareil de jus d'orange à boire que toi ? ». La même procédure était répétée avec le verre plus étroit (E). Lorsque les enfants donnaient la réponse de conservation, l'expérimentateur faisait une contre-suggestion destinée à éprouver la robustesse de cette réponse.

Les enfants retenus pour la suite de l'expérience étaient ceux qui donnaient des réponses de *non conservation* de la quantité dans les deux items (verre large et verre étroit). Parmi ceux-ci, ceux qui, dans l'épreuve d'anticipation, avaient anticipé *le changement de niveau et la non conservation* de la quantité dans les deux items étaient affectés dans le groupe « dimensionnel », tandis que ceux qui avaient anticipé *le changement de niveau et la conservation* de la quantité étaient affectés dans le groupe « identité ».

### **Apprentissage**

Les séances d'apprentissage, au nombre de deux pour la plupart des enfants, duraient environ 15 minutes chacune et comportaient chacune plusieurs phases. Le plan expérimental comportait trois modalités de traitement : deux modalités d'apprentissage (apprentissage « dimensionnel » et apprentissage « identité ») et une modalité de contrôle. Au sein de chaque groupe d'enfants (« dimensionnel » et « identité »), les sujets étaient répartis au hasard entre les trois modalités de traitement. Les enfants affectés au groupe contrôle ne passaient que le pré-test, le test et le post-test, avec les mêmes intervalles de temps que ceux qui suivaient les séances d'apprentissage.

### *Apprentissage dimensionnel*

Cette modalité d'apprentissage avait pour objectif de solliciter le processus d'analyse du changement sur la dimension négligée de la transformation, c'est à dire la variation de diamètre.

#### - Phase 1 : Comparaison de deux verres semblables

L'expérimentateur présentait les deux verres standard S et S'. Il s'attribuait le verre S, rempli de jus d'orange à hauteur de 5,5 cm et attribuait le verre S', vide, à l'enfant. Celui-ci avait pour tâche de remplir S' de telle sorte qu'il y ait la même quantité à boire. A l'issue de cette manipulation, l'expérimentateur lui demandait « comment as-tu fait pour mettre pareil de jus d'orange dans ton verre que dans le mien ? ». Si l'enfant ne se référait qu'à la hauteur dans sa réponse, l'expérimentateur lui demandait « à ton avis, est-ce que ça suffit pour mettre pareil de jus d'orange, est-ce que les deux verres ont la même grosseur ? ».

#### - Phase 2 : Comparaison de deux verres différents

Le verre standard S' et le verre plus large L étaient remplis tous deux à hauteur de 5,5 cm de jus d'orange. L'expérimentateur demandait à l'enfant : « Est-ce qu'il y a pareil à boire dans ton verre (S') et dans ce verre là (L) ? ». S'il répondait oui, l'expérimentateur lui demandait : « mais à ton avis, est-ce que ça suffit pour dire qu'il y a pareil de jus d'orange, est-ce que les deux verres ont la même grosseur ? ». Une fois que l'enfant avait convenu que les deux verres n'avaient pas la même grosseur, on lui posait à nouveau la question : « est-ce qu'il y a pareil à boire dans ce verre là (L) que dans ton verre (S') ». La même procédure était répétée avec le verre plus étroit.



- Phase 3 : Sériation de trois verres différents

Les trois verres S', L et E, chacun rempli de jus d'orange à hauteur de 5,5 cm étaient placés en désordre devant l'enfant et il lui était demandé de les mettre dans l'ordre croissant, « de celui qui a le moins à boire à celui qui a le plus à boire », puis en ordre décroissant.

*Apprentissage identité*

Cette modalité d'apprentissage avait pour objectif de solliciter le processus d'inférence fondé sur l'identité qualitative (c'est le même jus d'orange).

- Phase 1 : Anticipation

L'expérimentateur présentait le verre standard S rempli de jus d'orange à hauteur de 5 cm et posait une série de questions relatives aux propriétés du liquide : « qu'est-ce qu'il y a dans ce verre ? », « quel goût a le jus d'orange ? », « quelle couleur a le jus d'orange ? ». Il présentait ensuite le verre S' vide et posait une série de questions d'anticipation qui avaient pour objectif de faire généraliser à la quantité la conservation des propriétés perceptibles : « est-ce que ce sera toujours du jus d'orange dans S' ? », « est-ce qu'il aura toujours la même couleur ? », « est-ce qu'il aura toujours le même goût ? », « est-ce qu'il y aura toujours pareil de jus d'orange à boire ? ». La même procédure était ensuite reprise avec le verre plus large L et le verre plus étroit E.

- Phase 2 : Ecran

Les deux verres standard S et S' étaient placés derrière un écran qui en laissait voir le haut et donc le diamètre, mais qui masquait le niveau du liquide. Le verre S était rempli de jus d'orange à hauteur de 5,5 cm et le verre S' était vide. L'expérimentateur faisait le transvasement de S dans S' derrière l'écran et demandait ensuite à l'enfant : « à ton avis, est-ce que c'est toujours du jus d'orange dans ce verre (S') ? », « Est-ce qu'il a toujours la même couleur ? », « est-ce qu'il a toujours le même goût ? », « est-ce qu'il y a toujours pareil de jus

d'orange à boire que dans l'autre verre ? ». Cette procédure était ensuite reprise en remplaçant le verre S' par le verre L puis par le verre E.

### **Le test et le post-test**

Seuls les enfants ayant atteint le critère d'apprentissage, c'est dire ayant donné les bonnes réponses dans la dernière séance, ont été conservés pour le test et le post-test. L'épreuve standard de conservation a été passée une première fois une semaine après la dernière séance d'apprentissage et une seconde fois trois mois plus tard (les données de ce post-test ne sont pas encore complétées). Les conditions du test et du post-test étaient exactement les mêmes que lors du pré-test. Un enfant était considéré comme conservant lorsqu'il donnait la réponse de conservation dans les deux items de l'épreuve (verre plus large et verre plus étroit) avec résistance à la contre-suggestion.

### **Résultats**

Le tableau 1 donne la répartition des enfants dans les différents groupes du plan expérimental et le nombre de sujets ayant atteint le critère d'apprentissage, c'est dire ayant donné les bonnes réponses dans la dernière séance.

-----  
*Insérer ici le tableau 1*  
-----

Le déséquilibre dans les effectifs des différentes cases du plan tient surtout au fait que les sujets classés dans le groupe « identité » étaient sensiblement moins nombreux que ceux classés dans le groupe « dimensionnel ». Etant donné ce déséquilibre les groupes expérimentaux ont été privilégiés en réduisant l'effectif des groupes contrôles, notamment celui du groupe « identité ».

La figure 1 présente les histogrammes correspondant aux proportions de sujets devenus conservants dans les différentes cases croisant les deux modalités de catégorisation des sujets (« dimensionnels » et « identité ») et les trois modalités de traitement (apprentissage « dimensionnel », apprentissage « identité », et « contrôle »).

-----  
*Insérer ici la figure 1*  
-----

La proportion d'enfants devenus conservants est plus importante chez les sujets ayant suivi l'un ou l'autre apprentissage que dans le groupe contrôle. Cette différence est presque significative pour les sujets « Dimensionnels » ( $p < .065$ ) ; elle est significative pour les sujets « Identité » ( $p < .026$ ). Mais le résultat le plus important concerne l'interaction entre les groupes de sujets et les deux sortes d'apprentissage. La figure 1 fait apparaître que le pourcentage d'enfants conservants est significativement plus important chez les sujets « Identité » que chez les sujets « Dimensionnels » ( $p < .018$ ) lorsque l'apprentissage consistait à solliciter le processus d'analyse du changement dans les dimensions, plus particulièrement la différence de diamètre entre les verres. Par comparaison, il n'y a pas de différence entre les deux groupes de sujets ayant suivi l'apprentissage sollicitant le processus de généralisation de l'identité.

## DISCUSSION

Le plan expérimental de cette expérience croise deux groupes de sujets avec deux modalités d'apprentissage. Chacune des deux modalités d'apprentissage est supposée entraîner à l'utilisation d'un des deux processus de traitement que l'on pense impliqués dans la genèse de la notion de conservation. Chacun des deux groupes de sujets est supposé donner spontanément une pondération plus importante à l'un de ces deux processus. Les deux

processus en question sont l'analyse des changements dans les dimensions de la transformation, et la généralisation de l'identité. Les résultats montrent une interaction entre le facteur « sujets » et le facteur « apprentissage » mais celle-ci est différente de ce que l'hypothèse laissait attendre.

L'hypothèse de départ était que lorsque ces deux processus sont activés simultanément, ils forment un système au sein duquel une relation de support mutuel peut engendrer une dynamique auto-organisatrice. L'hypothèse de support mutuel laissait attendre une symétrie des effets. Plus précisément, nous attendions que la modalité d'apprentissage sollicitant le processus d'analyse dimensionnelle ait davantage d'effet sur le groupe de sujets accordant un poids plus important au processus de généralisation de l'identité, mais nous attendions aussi la réciproque. Or nous trouvons bien la première relation, mais pas la relation réciproque. La modalité d'apprentissage sollicitant le processus de généralisation de l'identité a des effets comparables sur les deux groupes de sujets alors que nous nous attendions à ce qu'elle ne soit efficace qu'avec les sujets « dimensionnels ». Le groupe qui fait problème, par rapport à l'hypothèse de départ, est celui dans lequel les sujets qui privilégiaient déjà la généralisation de l'identité reçoivent un entraînement renforçant ce même processus. La dissymétrie observée suggère qu'à ce moment là du développement, l'interaction des deux processus a plutôt la forme d'une relation de guidage de l'analyse dimensionnelle par les inférences fondées sur l'identité. Les trois groupes où l'apprentissage a un effet sont ceux où le processus d'inférence fondé sur l'identité est activé, soit spontanément par le sujet, soit de façon provoquée par l'apprentissage, soit les deux.

Une interprétation possible de cette relation de guidage serait que l'attente de conservation suscitée par la généralisation de l'identité qualitative (attente que l'on peut observer chez une partie des sujets dans la situation d'anticipation de la conservation) entre en conflit avec le jugement de non conservation qui résulte de l'activation du processus

dimensionnel. Cette attente implicite pourrait inciter le sujet que le traitement dimensionnel conduit à juger qu'il y a maintenant plus à boire parce que le niveau du liquide est plus haut, à se demander d'où peut venir la quantité qui semble avoir été gagnée en hauteur. C'est la recherche enclenchée par cette contradiction qui réorienterait le traitement dimensionnel sur la largeur, et lierait ainsi les centrations sur les deux dimensions. L'émergence de cette liaison est précisément ce que la théorie de l'équilibration de Piaget peine à expliquer (Lautrey, 1981). Tant que le sujet n'active pas avec assez de force le processus qui engendre cette attente globale de conservation, l'apprentissage qui attire son attention sur les variations du diamètre est sans effet (cf. l'effet de l'apprentissage dimensionnel sur les sujets dimensionnels). Le paradoxe de cette interprétation est qu'elle explique le développement de la conservation par l'attente de la conservation. Le paradoxe n'est qu'apparent si l'on admet qu'il ne s'agit pas de la même forme de conservation : le point de vue défendu ici est en somme que la notion « brunerienne » de conservation, c'est à dire une anticipation globale fondée sur la généralisation de l'identité qualitative, pourrait jouer un rôle de guidage dans la construction de la notion « piagétienne » de conservation, c'est à dire une coordination des changements observés sur les dimensions de l'objet.

Certaines modalités de fonctionnement, celles qui provoquent une interaction entre processus (ici une relation de guidage d'un processus par l'autre), peuvent donc engendrer du développement. Néanmoins, elles n'ont pas provoqué un développement chez tous les sujets. Un peu moins de la moitié d'entre eux n'ont pas progressé. Pourquoi ? Une réponse possible pourrait être que, pour eux, cet apprentissage ne se situe pas dans la zone proximale de développement. A quoi tiendrait dans ce cas la contrainte qui limite les possibilités de développement que le mode de fonctionnement entraîné ouvre chez d'autres ? En poursuivant l'interprétation dans la même direction, on peut supposer que l'attente de conservation suscitée par le processus de généralisation de l'identité ne provoque de contradiction que si

elle est encore activée au moment où le processus d'analyse dimensionnelle aboutit à un jugement de non conservation. Ceci suppose que la capacité de la mémoire de travail soit suffisante pour maintenir une information activée pendant le déroulement d'un autre traitement. Dans le cadre de cette hypothèse, la limite de la zone proximale de développement serait fixée par la capacité de la mémoire travail, ce qui rejoindrait les théories néo-piagésiennes sur le rôle central que joue cette capacité dans le développement (voir par exemple, Case, 1987). Si ces différentes hypothèses interprétatives sont exactes, le développement de la notion piagésienne de conservation repose en fait sur le développement et l'interaction de trois processus distincts : un processus de généralisation de l'identité qualitative, un processus d'analyse des changements de dimension de l'objet, et un processus de maintien des informations en mémoire de travail.

### Bibliographie

- Acredolo (Curt).- Acquisition of conservation: A clarification of Piagetian terminology, some recent findings, and an alternative formulation, *Human Development*, 24, 1981, p. 120-137.
- Acredolo (Curt), Acredolo (Linda P.).- Identity, compensation, and conservation, *Child Development*, 50, 1979, p. 524-535.
- Acredolo (Curt), Acredolo (Linda P.).- The anticipation of conservation phenomenon: Conservation or pseudoconservation?, *Child Development*, 51, 1980, p. 667-675.
- Bruner (Jerome S.).- On the conservation of liquids, dans Bruner (Jerome S.) et coll., *Studies in cognitive growth*, New York, Wiley, 1966, p. 183-207.
- Caroff (Xavier).- Approche pluraliste de la genèse des notions de conservation, *Psychologie Française, Numéro spécial « Piaget après Piaget »*, 42, 1997, p. 57-68.
- Caroff (Xavier). What conservation anticipation reveals about cognitive change, *Cognitive Development*, 17, 2002, p. 1015-1035.
- Case (Robbie).- The structure and process of intellectual development, *International Journal of psychology*, 22, 1987, p. 571-607.
- Fischer (Kurt W.).- A theory of cognitive development. The control and construction of hierarchies of skills, *Psychological Review*, 87, 1980, 477-531.
- Fischer (Kurt W.) Rose (S. P.).- Dynamic development of coordination of components in brain and behavior : a framework for theory, dans Dawson (Geraldine), Fischer (Kurt W.), *Human Behavior and the Developing Brain*, New-York, The Guilford Press, 1994, p. 3-66.
- Lautrey (Jacques).- L'équilibration suffit-elle à guider la coordination des actions?, *Psychologie Française*, 26, 1981, p. 259-272.
- Lautrey (Jacques).- Structures et fonctionnements dans le développement cognitif, Thèse d'Etat, Université Paris V, Document non publié, 1987.
- Lautrey (Jacques).- Esquisse d'un modèle pluraliste du développement cognitif, dans Reuchlin (Maurice), Lautrey (Jacques), Marendaz (Christian), Ohlmann (Theophile), *Cognition: L'individuel et l'universel*, Paris, Presses Universitaires de France, 1990, p. 185-216.
- Lautrey (Jacques).- A pluralistic approach to cognitive differentiation and development, dans Sternberg (Robert J.), Lautrey (Jacques), Lubart (Todd I.), *Models of Intelligence. International Perspective*, Washington DC, APA Books, 2003, p. 117-131.

- Lautrey (Jacques), Caroff (Xavier).- Variability and cognitive development, *Polish Quarterly of Developmental Psychology*, 2 , 1996, p.71-89.
- Lautrey (Jacques), Caroff (Xavier).- Une approche pluraliste du développement cognitif : la conservation revisitée, dans Netchine-Grynberg (Gaby), *Développement et fonctionnement cognitifs : vers une intégration*, Paris, Presses Universitaires de France, 1999, p. 155-179.
- Piaget (Jean).- Cognitions and conservations: Two views, *Contemporary Psychologist*, 12, 1967, p. 530-533.
- Piaget (Jean).- *L'équilibration des structures cognitives: Problème central du développement*, Paris, Presses Universitaires de France, 1975.
- Reuchlin (Maurice).- Processus vicariants et différences individuelles, *Journal de Psychologie Normale et Pathologique*, 75, 1978, 133-145.
- Thatcher (Robert W.).- Cyclic cortical reorganization during early childhood, *Brain and Cognition*, 20, 1992, 24-50.
- Thatcher (Robert W.) Neuroimaging of cyclic cortical reorganization during human development, dans Thatcher (R.W), Lyon (G.R), *Developmental neuroimaging: Mapping the development of brain and behavior*, San Diego CA, Academic Press Inc., 1996, p. 91-106



Situations expérimentales :			
	Apprentissage	Apprentissage	Situation
Sujets :	Dimensionnel	Identité	contrôle
Dimensionnel	25 (18)	28 (14)	17
Identité	17 (11)	21 (14)	8

Tableau 1. Répartition des sujets « Identité » et « Dimensionnels » selon les situations

Légende : les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de sujets ayant atteint le critère d'apprentissage, c'est dire ayant donné les bonnes réponses dans la dernière séance.

Figure 1. Pourcentages de sujets Dimensionnels et Identité conservants dans le test  
selon les situations

