

Lecture obligatoire numéro 6

## Capacité de traitement et redescription des représentations au cours du développement cognitif (U. Goswami)

### Le développement de la capacité de traitement dans les théories néo-piagétienne

L'étendue de la capacité de traitement disponible pour l'enfant a été considérée comme une variable jouant un rôle majeur dans le développement. En fait, un certain nombre de théories néo-piagétienne récentes sont basées sur cette idée de variation de la capacité de traitement.

Par exemple, Pascual-Leone (1970) a défendu l'idée selon laquelle l'espace de traitement ('l'espace central de manipulation') augmente avec l'âge, et, parallèlement à cette augmentation, apparaissent les stades cognitifs de l'enfant. Une notion similaire a été avancée par Case (1985) dont le modèle inclut un compromis entre l'espace (i.e. la capacité) de la mémoire de travail (une composante de maintien de l'information) et l'espace d'opération (une composante de traitement). La capacité de l'ensemble ne changerait pas avec le développement mais l'étendue de la capacité disponible augmenterait au fur et à mesure que le traitement devient plus efficace (grâce à l'exercice) et donc occuperait moins de 'place'. Une troisième théorie est celle de Halford (1993) qui a proposé un modèle de développement centré sur la mémoire 'première' ou active. Halford définit la mémoire première comme le système de mémoire qui maintient l'information en cours de traitement, la capacité de ce système augmentant au cours du développement. Enfin, un théoricien quelque peu en marge des néo-piagétien est Fischer (1980) qui a envisagé le développement en termes de contrôle et de construction de connaissances. Une compétence réfère à une habileté à accomplir une série d'actions dans un contexte particulier.

Le point commun des théories néo-piagétienne proposées par Pascual-Leone, Case et Halford est la notion de *capacité de traitement* qui est une forme de mémoire de travail ou de capacité attentionnelle. Ces théories néo-piagétienne suggèrent que l'étendue de la capacité de traitement disponible place une limite supérieure sur les performances cognitives. Des facteurs biologiques spécifiques (encore inconnus) régulent le changement graduel de cette limite supérieure avec l'âge. Le développement cognitif s'explique par le fait que des enfants plus âgés ont des capacités de traitement plus importantes que des enfants plus jeunes. Les améliorations qualitatives du point de vue des performances cognitives sont prédictibles avec l'âge (i.e. la maturation). Ces améliorations qualitatives résultent généralement de l'utilisation de stratégies de traitement de l'information plus sophistiquées qui deviennent disponibles lorsque la capacité de traitement est accrue. Par exemple, Halford (1993) a soutenu que l'augmentation de la capacité de traitement permet aux enfants d'établir des mises en correspondance de plus en plus complexes.

Etant donné que la capacité de traitement impose un plafond théorique sur les performances des enfants dans certaines tâches, les enfants qui n'ont pas encore atteint un niveau suffisant du point de vue de la capacité de traitement sont incapables de réussir certaines tâches. Cette proposition théorique d'une limite supérieure fournit le moyen le plus simple de tester les théories néo-piagétienne (Case, 1992). Toutefois, les théories néo-piagétienne permettent également de rendre compte des différences individuelles importantes entre les enfants étant donné que ces théories postulent que la restructuration au cours du développement est plus locale (domaine spécifique) en soi que la restructuration qui suit une augmentation de la capacité de traitement. Toutes les théories néo-piagétienne attribuent également un rôle aux composantes de maintien en mémoire dans le développement cognitif, étant donné qu'elles reconnaissent la qualité de la base de connaissance comme un facteur supplémentaire dans l'explication de différences interindividuelles.

### Redescription des représentations en tant que théorie du développement cognitif

Finalement, je considérerai une proposition théorique pour expliquer comment l'organisation du contenu de la mémoire peut affecter le développement cognitif. Une telle proposition a été formulée par Karmiloff-Smith (1992) dans sa théorie de redescription des représentations. Le modèle de Karmiloff-Smith fait une distinction essentielle entre l'information *en mémoire* et l'information explicitement *disponible* au système cognitif. Son but est d'expliquer comment les représentations des enfants deviennent de plus en plus manipulables et flexibles au cours du développement.

Une idée importante est que le même comportement peut résulter de représentations différentes à différentes étapes du développement. Ainsi, la même performance peut être générée par des représentations très différentes à différents âges. Karmiloff-Smith suggère au moins trois niveaux auxquels la connaissance est représentée puis re-représentée au cours du développement. Les niveaux sont respectivement appelés 'représentations implicites', 'représentations explicite niveau 1' et 'représentations explicite niveau 2'. Lorsque l'enfant progresse à travers ces trois niveaux, la représentation des connaissances devient progressivement plus explicite. Bien que le processus de redescription des représentations relève du domaine général, il dépend du niveau d'explicitation des représentations dans un domaine de connaissances spécifique à tout moment et donc se produira dans différents domaines à différents moments.

La première étape de redescription des représentations correspond à un apprentissage dirigé par les données. Pendant cette phase, l'enfant prélève des informations appropriées et saillantes dans l'environnement externe jusqu'à ce que une performance systématiquement couronnée de succès soit atteinte dans un domaine donné ('la maîtrise comportementale'). Cette maîtrise est dans 'l'esprit' et donc entièrement procédurale. Les procédures sont activées en réponse à des stimuli externes. Les enfants qui fonctionnent sur la base de représentations implicites montrent un comportement déterminé par des stimuli particuliers (comportement dirigé par les données). Comme l'enfant n'a pas de moyen d'interrompre une procédure, une fois commencé, la procédure doit aller jusqu'au bout. Par exemple, si l'enfant a l'intention de dessiner un bonhomme, il ne peut changer ou interrompre sa procédure pour dessiner un bonhomme qui n'existe pas.

La deuxième phase de redescription des représentations est conduite intériorément. Au lieu des représentations de l'enfant selon des données externes, les représentations internes actuellement disponibles prédominent et ces représentations deviennent le centre de changement via "la dynamique interne de système". Ces représentations explicites du niveau 1 sont accessibles à d'autres parties de l'esprit, bien que l'enfant elle-même n'ait aucune conscience explicite de cette accessibilité. Les interactions entre les représentations explicites du niveau 1 ne sont pas disponibles à la conscience consciente. Par exemple, pour dessiner un bonhomme qui n'existe pas, l'enfant peut changer des éléments dans la procédure (e.g. taille des jambes) mais ne peut pas changer l'ordre d'exécution de ces éléments. Cela exige un nouveau niveau de redescription, appelée 'représentations explicites du niveau 2'.

La troisième phase de redescription des représentations dépend de la réconciliation de représentations internes et des données externes, pour qu'un équilibre soit atteint. Cela donne aux enfants un accès conscient à leurs connaissances. Les représentations explicites du niveau 2 sont verbalisables et peuvent être communiquées à d'autres. Les enfants peuvent dessiner un bonhomme qui n'existe pas en insérant des éléments d'autres catégories conceptuelles, comme une paire d'ailes. C'est seulement à ce niveau final de redescription que le Karmiloff-Smith crédite des enfants de la compréhension de leurs propres processus conceptuels. Cela peut être pensé de comme une connaissance sur la connaissance ('metacognition').

Karmiloff-Smith suggère qu'une analogie utile pour la compréhension de ses idées théoriques est l'apprentissage du piano (Karmiloff-Smith, 1994). Devenir un pianiste efficace implique une première phase d'étude pour jouer un morceau entier automatiquement. À ce point, l'ordre d'enchaînement des notes est devenu "une procédure", analogue à une représentation implicite. La connaissance est implicite à cette étape. Le pianiste débutant ne peut pas commencer à jouer au milieu du morceau et ne peut pas jouer des variations sur un thème. Sa "connaissance" du morceau est incorporée dans les commandes du moteur et des actions supportant son exécution. La redescription des représentations doit maintenant avoir lieu, pour que la connaissance des notes différentes et des cordes puisse devenir explicite et disponible comme des données manipulables. Finalement l'apprenant deviendra capable de produire des variations sur un thème, présenter des insertions d'autres pièces de musique et jouer avec créativité. Le résultat final de redescription des représentations est la flexibilité et le contrôle des représentations.

La théorie de Karmiloff-Smith dépend de l'idée que la connaissance peut être stockée et accessible à plus d'un niveau. L'idée clef consiste en ce que l'esprit humain re-présente récursivement ses propres représentations internes et que cette re-représentation est le processus principal qui est à la base du développement cognitif. En outre, les redescriptions qui arrivent pendant le développement restent à l'esprit. Cela aboutit aux représentations multiples de connaissances apparemment similaires à différents niveaux d'explicitation. La notion de codage multiple signifie que l'esprit de l'enfant comme prévu par Karmiloff-Smith est un entrepôt de connaissance et des processus, dont certains sont devenus superflus. L'idée que les humains diffèrent des autres espèces par leur capacité unique à s'approprier leurs propres représentations internes - (un savoir sur le savoir) est très séduisante.

La théorie de redescription des représentations diffère notamment des théories néo-piagétienne sur la limitation de la capacité de traitement. Il ne s'agit pas d'une théorie par étapes. Les trois types de représentation postulés par Karmiloff-Smith peuvent arriver à différents moments dans des domaines différents. Cependant, les théories néo-piagétienne sont plus faciles à évaluer que la théorie de Karmiloff-Smith (elles font des prédictions empiriques sur les limites supérieures de performance). La théorie de redescription des représentations ne le fait pas, exigeant un examen précis de la façon dont les représentations changent progressivement avec l'âge. Comme Karmiloff-Smith (1994) l'a souligné, les modèles connectionnistes fournissent une solution possible pour modéliser les changements au cours du développement en prenant en compte la redescription du format des représentations.

## Les tests d'Intelligence et la mesure de l'esprit (Résumé de la conférence de Jacques Lautrey)

### 1. Echelles de mesure de l'intelligence et Développement

La première tentative de mesure de l'intelligence revient à Alfred Binet et son collaborateur Théodore Simon à la suite d'une demande du Ministère de l'Éducation en 1904 au sujet d'enfants dits « arriérés ». Dès 1905, une première version de leur échelle métrique de l'intelligence fut utilisée (une 2ème version en 1908 et une définitive en 1911). L'échelle se constitue de 5 ou 6 épreuves caractéristiques de chaque âge allant de 3 à 15 ans. L'astuce de Binet était de se servir du développement pour parvenir à ordonner les tâches du point de vue de leur complexité cognitive mais Binet ne savait pas mesurer cette complexité. En fait, cela faisait 10 ans que Binet travaillait sur cet outil. En 1895 (avec Victor Henri) Binet écrit un article dans lequel il expliquait que pour mesurer les différences individuelles de l'intelligence il fallait s'intéresser aux processus supérieurs (qui pour lui étaient la mémoire, le jugement, etc.). En 1912, William Stern a proposé de faire le rapport entre l'âge mental et l'âge chronologique, définissant ainsi le Quotient Intellectuel (QI). En 1916, Terman a fait une adaptation américaine du Binet-Simon (le Binet-Stanford) qui remporta un vif succès car ce test était valide pour mesurer les retards mentaux. Mais l'adaptation la plus importante fut celle de David Wechsler en 1939 : la WAIS pour caractériser la performance intellectuelle chez l'adulte. Wechsler utilise le rang de la performance dans une distribution normale pour déterminer le QI. Pour Wechsler, le QI devient un rang dans une population de référence et non plus un quotient de développement. Le rang médian se situe à  $QI=100$  avec un écart type de 15. On ordonne les sujets selon leurs performances sur cette échelle et on détermine ainsi le QI (écart par rapport à une population de référence). De plus, Wechsler a créé des items ne nécessitant pas l'utilisation du langage. Ainsi, Wechsler proposa de distinguer une échelle verbale d'une échelle de performance. Ces échelles furent adaptées pour les enfants avec le WISC (de 6 à 16 ans) en 1949 et la WPPSI en 1967 pour les enfants de 2 à 6 ans.

### 2. A quelle condition une épreuve est-elle un test ?

*Standardisation.* La situation, la consigne, la cotation doivent avoir été strictement fixées, de telle sorte que le psychologue fasse toujours passer le test de la même manière. C'est une condition nécessaire pour que l'on puisse comparer les sujets sur une épreuve.

*Etalonnage.* Permet de situer la performance du sujet par rapport à celle de son échantillon de référence.

*Fidélité.* La mesure répétée des performances à une épreuve devrait donner les mêmes résultats. Une des façons de procéder est d'établir des corrélations sur un « test-retest » à un mois d'intervalle. La corrélation test-retest est  $r = .94$  pour le WISC.

*Validité.* L'épreuve mesure bien ce qu'elle est censée mesurer.

### 3. Intelligence simple ou intelligences multiples ?

L'approche factorielle. Charles Spearman proposa une autre façon d'évaluer l'intelligence. Les tâches intellectuelles contribuent à une mesure de l'intelligence à des degrés divers. Si ces tâches ont quelque chose en commun, on devrait trouver entre elles des corrélations. Ainsi, Spearman fait apparaître un facteur général de covariation à toutes les tâches, et c'est cela qu'il appelle intelligence ou facteur g. Il a cherché à savoir quelles étaient les caractéristiques des tâches qui ont une forte saturation en facteur général. En 1938, Thurstone (psychologue américain) a trouvé non pas un facteur général mais plusieurs (voire des douzaines) qui correspondaient à des aptitudes primaires (la compréhension verbale, la fluidité verbale, l'aptitude numérique, visio-spatiale, l'induction, etc.). Il y a eu une controverse entre Spearman et Thurstone : Y a-t-il une ou plusieurs intelligences ?

Dans les années 50, ces deux approches ne sont plus contradictoires mais probablement complémentaires c'est-à-dire que chacune des ces approches factorielles a mis en évidence un des aspects du phénomène. A partir d'une analyse factorielle hiérarchique des performances à différents tests, on a pu extraire des facteurs primaires (comme ceux de Thurstone). Ces facteurs présentent une part de variance commune (qui relève de toutes les différentes formes d'intelligence) donnant lieu à un facteur général et une part de variance spécifique à chaque épreuve. Dans les années 60, Horn & Cattell, psychologues américains, ont trouvé 120 formes d'intelligence. Par une analyse de second ordre, ils ont mis en évidence un nombre plus restreint de facteurs dont les principaux sont :

- l'intelligence fluide (test de Raven)
- l'intelligence cristallisée (on donne un proverbe et le sujet doit trouver la bonne signification parmi plusieurs proposées)
- l'intelligence spatiale (le MPFB, différents morceaux d'une figure à assembler mentalement pour reconstituer la figure de référence).

### 4. Relation entre performance et processus

Quels sont les processus cognitifs qui entrent en jeu dans les performances évoquées plus haut ? Avec l'avènement de la psychologie cognitive dans les années 60, des méthodes sont mises au point pour mettre à l'épreuve des faits les hypothèses énoncées. L'une de ces méthodes est la chronométrie mentale, c'est-à-dire la mesure du temps de réponse qui va permettre l'inférence de processus mentaux.

Exemple : Shepard (1971) a étudié le processus de rotation mentale. On présente au sujet une forme test et une forme de référence, toutes deux tridimensionnelles. Le sujet doit juger de la correspondance entre la forme test et la forme de référence. Les résultats montrent que le sujet exécute une rotation mentale. De plus, sur certains processus élémentaires, des différences individuelles sont mises en évidence quant à la vitesse d'exécution. La question est de savoir si l'efficacité de tels processus élémentaires ne pourrait expliquer les différences de performances globales que l'on observe dans différentes tâches. Pour cela, on utilise la technique de décomposition de la tâche de façon à mettre en évidence des sous-tâches qui font appel à tous les processus moins un. Par soustraction, on évalue le temps mis pour exécuter le processus qui nous intéresse. Ainsi cette logique soustractive tente d'évaluer le temps d'exécution pour chaque processus élémentaire en jeu dans une tâche. Mais comment savoir quel processus élémentaire est responsable de la différence de performance entre les sujets ? On ordonne les sujets selon leurs performances dans chacun des processus en leur faisant passer la tâche élémentaire et la tâche globale. On va ensuite corréler la performance globale à l'efficacité de chacun des processus mis en jeu (les plus fortes corrélations correspondent aux processus élémentaires les plus impliqués dans les différences de performance entre les sujets à la tâche globale). Les résultats ne sont pas concluants (on sait d'autant plus que le cerveau ne fonctionne pas de façon séquentielle mais en parallèle ; il existe donc des interactions entre les processus élémentaires). Le problème est donc ailleurs... Les différences de performance cognitive n'expliquent pas tout. Il existe aussi des différences de stratégie (donc de type qualitative) entre les sujets.

*Expérience de Josette Marquer (1999) à partir d'une tâche de rotation mentale.* On indique par une flèche l'orientation de la figure. Le sujet doit la figure avec la figure de référence (orientée différemment). Deux cas : soit c'est la même figure, soit c'est l'image de la figure en miroir. Deux processus sont mis en jeu successivement : le rotation mentale puis la comparaison. On demande aux sujets de verbaliser (dans la deuxième partie de l'expérience) leurs stratégies. Les résultats montrent que, dès qu'une tâche devient complexe, les sujets mettent en œuvre des processus différents pour arriver au même but. C'est cette pluralité de processus disponibles et substituables qui donne au système cognitif sa plasticité et qui explique les différences individuelles qualitatives entre les sujets qui ne sont plus de simples différences de performance. Le fait de pouvoir atteindre une même performance par des stratégies différentes est ce que Reuchlin appelle la vicariance entre processus.

*Conclusion :* La mesure des performances cognitives a permis de mettre en évidence des formes d'intelligence différentes dans lesquelles il est possible de dégager des processus élémentaires.