

**Texte de la 25<sup>ème</sup> conférence de l'Université de tous les savoirs réalisée le 25 janvier 2000  
par Olivier Houdé**

**Le développement de l'intelligence chez l'enfant**

Dans sa leçon inaugurale, François Jacob s'est attaché à montrer que la vie est un processus, une organisation de la matière et qu'elle n'existe pas en tant qu'entité indépendante qu'on pourrait caractériser (quelque substance spéciale ou force vitale). Suivant la même logique, les sciences cognitives contemporaines, notamment la psychologie expérimentale et les neurosciences, considèrent que l'intelligence n'est autre qu'un processus, une organisation de la matière (corps, cerveau) et de la vie.

Il n'en fut toutefois pas toujours ainsi dans l'histoire des idées. On sait qu'à la question « D'où détenons-nous ce précieux trésor qu'est notre intelligence ? », René Descartes (1596-1650) répondait, avec une évidence qui semblait s'imposer à lui, *Dieu a déposé dans notre esprit, dès la naissance, des idées logico-mathématiques claires et distinctes, noyau de l'intelligence humaine*. Quatre siècles plus tard, en cette année 2000, quelle réponse précise apporte la science à cette question ?

Entre Descartes et nous, deux événements-clés à retenir. Il s'agit d'abord de l'introduction par Charles Darwin (1809-1882) de l'idée d'une évolution progressive de l'intelligence animale et humaine (à travers la phylogenèse ou évolution des espèces), où s'imbriquent la Matière, la Vie et la Pensée - excluant Dieu de l'explication. Il s'agit ensuite de la reprise de cette idée dans l'étude de l'ontogenèse (l'intelligence se construit petit à petit du bébé à l'adulte) par Jean Piaget (1896-1980), en psychologie de l'enfant, et par Jean-Pierre Changeux en neurobiologie, avec le « darwinisme neural-mental ».

Selon Piaget, le développement de l'intelligence chez l'enfant se caractérise, comme l'histoire des sciences, par une succession de coordinations cognitives nouvelles, chacune définissant un stade.<sup>1</sup> Il s'agit d'étapes, datées en années et en mois, dans la construction de structures logico-mathématiques de plus en plus complexes, relatives à l'objet, au nombre, à la catégorisation (ou classification) et au raisonnement. Cette conception est linéaire et strictement cumulative en ce qu'elle est systématiquement liée à l'idée d'acquisition et de progrès : de l'intelligence sensori-motrice du bébé (sens et actions) à l'intelligence conceptuelle et abstraite de l'enfant et de l'adolescent.

En fait, les données expérimentales actuelles indiquent que les choses ne se passent pas ainsi.<sup>2</sup> D'une part, il existe déjà chez le bébé des capacités cognitives assez complexes (connaissances physiques, mathématiques et logiques) ignorées par Piaget et non réductibles à un fonctionnement strictement sensori-moteur. D'autre part, la suite du développement de l'intelligence, jusqu'à - et y compris - l'âge adulte, est jalonnée d'erreurs, de biais perceptifs, de décalages inattendus et d'apparentes régressions cognitives. Ainsi, plutôt que de suivre une ligne ou un plan du sensori-moteur à l'abstrait (les stades de Piaget), l'intelligence avance de façon tout à fait biscornue ! Mais cette forme de développement doit bien correspondre à une logique neurale et cognitive dans le cerveau humain. Laquelle ?

Le constat de compétences précoces chez le bébé, s'il peut amener à reconnaître le caractère inné de certaines d'entre elles (sans qu'il s'agisse pour autant d'un don de Dieu comme l'affirmait Descartes), conduit aussi et surtout à retenir l'idée de mécanismes de *raisonnement physique, numérique, etc.*, associés à une faculté très précoce d'apprentissage par la

perception, notamment visuelle, ou par les couplages perception-action (faculté du bébé humain partagée, sur certains aspects, avec les primates non-humains comme l'avait pressenti Darwin). Et ce processus de construction cognitive – sans doute déjà conceptuel ou proto-conceptuel - est à l'évidence beaucoup plus rapide que ne le pensait Piaget.

Mais l'essentiel n'est pas là. Le plus intéressant tient à ce que le cerveau de l'Homme, outre ses mécanismes innés, ses capacités puissantes d'apprentissage, de raisonnement, d'abstraction, etc., est une sorte de jungle où les multiples compétences du bébé, de l'enfant et de l'adulte, sont à tout moment susceptibles de se télescoper, d'entrer en compétition (en même temps qu'elles se construisent) : d'où les erreurs, les biais et les décalages inattendus (exactement comme dans l'histoire des sciences et des savants !). Il en ressort la nécessité - pour être intelligent - d'un mécanisme de blocage tout aussi puissant : *l'inhibition*. « Je pense, donc j'inhibe » ! (et non pas seulement, comme le suggérait Piaget, « je pense, donc j'active et je coordonne »).<sup>3</sup>

Un tel mécanisme inhibiteur est actuellement considéré, dans un cadre évolutionniste, comme un élément-clé de l'adaptation comportementale et cognitive qui a conduit à *Homo sapiens sapiens*; une forme « d'algorithme darwinien ». A l'échelle de l'ontogenèse de l'enfant, ce mécanisme doit aussi (re)devenir efficace - chez l'adulte, le rester - pour les domaines de la construction de l'objet, du nombre, de la catégorisation et du raisonnement.

Ainsi, l'une des façons actuelles de chercher à percer le mystère de l'intelligence est d'étudier, du bébé à l'adulte, le rôle de l'inhibition comme mécanisme de sélection. L'activation/inhibition étant une logique de fonctionnement tant neurale que cognitive, les techniques utilisées sont ici à la fois celles de la psychologie expérimentale et de la biologie humaine (l'imagerie cérébrale fonctionnelle). En voici deux exemples : le nombre chez le bébé et l'enfant, et le raisonnement logique chez l'adulte.

Selon Piaget, avant d'arriver à la notion de nombre, l'enfant doit maîtriser certaines capacités comme celles de classer, d'inclure et de sérier (aspects cardinal et ordinal du nombre). Il peut alors réussir l'épreuve dite de « conservation du nombre ». Dans ce test, qui introduit une interférence entre le nombre et la longueur (avec deux alignements d'objets de même nombre mais de longueur différente après l'écartement de l'un d'entre eux), l'enfant considère jusqu'à 6-7 ans que « longueur = nombre », donc « qu'il y en a plus là où c'est plus long » ! Cela signifie, selon Piaget, que l'enfant d'école maternelle est encore intuitif, au sens où il est « prisonnier » du cadre perceptif. Ce n'est qu'à 6-7 ans qu'il devient « conservant », critère de l'atteinte du concept de nombre.

Le développement de l'intelligence est donc ici long et laborieux : il faut attendre « l'Age de raison » cher aux philosophes. Mais les découvertes plus récentes d'une psychologue américaine, Karen Wynn, publiées dans la revue *Nature* en 1992, ont reposé avec force la question de l'émergence (précoce ou non) de la notion de nombre.<sup>4</sup> Ces travaux montrent que, dès 4-5 mois, des bébés observés au niveau de leur regard (enregistrement des temps de fixation visuelle) sont capables de détecter la transgression ou la « conservation » du nombre lorsqu'on leur présente des événements numériques impossibles, c'est-à-dire magiques, ou possibles (sans le piège perceptif de la longueur introduit par Piaget). Selon Wynn, ces résultats suggèrent que les bébés possèdent déjà de véritables concepts numériques (avec encodage de la relation d'ordre) – ce qui était inconcevable pour Piaget ! On sait aussi, depuis peu, que les singes rhésus ont des capacités numériques précises jusqu'à 9.<sup>5</sup>

Nos travaux, publiés en 1997 dans la revue *Cognitive Development*, ont par ailleurs montré, à partir d'une adaptation de l'expérience de Wynn au niveau verbal, que les jeunes enfants de 2 à 3 ans, observés en crèche, sont moins performants pour raisonner sur le nombre à travers le langage cette fois que ne l'étaient les bébés de 4-5 mois ! (ils font des erreurs que ne font pas les bébés dans leurs réactions visuelles).<sup>6</sup> Tout se passe donc comme si le tout début (2-3 ans) de l'apprentissage du vocabulaire des nombres et de la distinction linguistique singulier/pluriel (qui oppose 1 à tous les autres nombres considérés globalement) entraînait un décalage de performance, une régression cognitive, empêchant un jugement numérique exact et précis (d'où l'impression erronée qu'ont les éducateurs, face à l'enfant de cet âge, d'observer le tout début de l'acquisition du nombre !). En revanche, il apparaît qu'après une reconstruction cognitive (ou reconceptualisation), les enfants de 3-4 ans, observés à l'école maternelle, retrouvent, à travers le langage, le niveau de performance des bébés de 4-5 mois (avec, dans ce cas, la possibilité d'une argumentation numérique).

Mais comment expliquer alors que si l'on introduit, comme Piaget, une interférence entre le nombre et la longueur (deux alignements d'objets de même nombre mais de longueur différente), ces mêmes enfants sont à nouveau en situation d'échec, intuitifs, perceptifs, considérant qu'il y en a plus là où c'est plus long ? Les techniques de la psychologie expérimentale permettent aujourd'hui de démontrer que l'épreuve de Piaget teste avant tout la capacité *d'inhiber* la stratégie visuo-spatiale « longueur = nombre » (une heuristique de quantification perceptive souvent pertinente et encore utilisée par l'adulte) et non les capacités numériques *per se*. Le développement du nombre est donc à la fois beaucoup plus rapide et ensuite plus complexe (compétition entre stratégies) que ne l'imaginait Piaget. Au-delà des compétences précoces dans des situations optimales (les recherches de Wynn sur le bébé), être intelligent c'est non seulement « reformater » (reconstruire à travers le langage), mais c'est aussi inhiber.

Et cela reste vrai chez les adolescents et les adultes dont on peut montrer que face à des problèmes de raisonnement logique, ils redeviennent comme le jeune enfant, intuitifs et perceptifs – contrairement à l'intelligence abstraite et logico-mathématique décrite par Piaget à ce dernier stade du développement. Ainsi, une erreur classique de logique (plus de 90% des réponses), mise en évidence par le psychologue anglais Jonathan Evans, est le biais d'appariement perceptif qui affecte le raisonnement déductif lors de tâches de réfutation ou de vérification de règles conditionnelles.<sup>7</sup> Pour l'exemple de la règle à réfuter « S'il n'y a pas de carré rouge à gauche, alors il y a un cercle jaune à droite », ce biais consiste à préférer les éléments cités dans la règle considérée (d'où la réponse erronée « carré rouge à gauche, cercle jaune à droite », soit antécédent faux et conséquent vrai : FV) et à négliger les éléments logiquement pertinents (une situation de type VF : par exemple, carré bleu et losange vert) dès lors qu'ils ne sont appariés ni à l'antécédent ni au conséquent. Nos travaux de psychologie expérimentale et d'imagerie cérébrale fonctionnelle, qui vont bientôt paraître dans le *Journal of Cognitive Neuroscience* (en collaboration avec l'équipe du Pr. Bernard Mazoyer et du Dr. Nathalie Tzourio-Mazoyer de l'Université de Caen, CEA et CNRS), indiquent qu'après un apprentissage à l'inhibition du biais d'appariement perceptif, les sujets interrogés donnent (à plus de 90%) une réponse logique (autre stratégie de résolution disponible en mémoire).<sup>8</sup> Outre le fait que l'inhibition leur fait changer radicalement de mode de raisonnement lors d'une « microgenèse » (c'est-à-dire *avant* et *après* apprentissage), le plus intéressant tient à ce que s'opère simultanément une véritable « bascule cérébrale » de la partie postérieure du cerveau (un réseau perceptif à la fois ventral et dorsal) à la partie antérieure : un réseau préfrontal.

On peut penser qu'une telle dynamique neurale et cognitive doit être au cœur de ce qui se passe dans le développement de l'intelligence chez l'enfant (à démontrer par les techniques d'imagerie cérébrale), qu'il s'agisse de la construction de l'objet, du nombre, de la catégorisation, etc., à chaque fois que se posent des problèmes de sélection de stratégies en mémoire : par exemple, l'inhibition de la stratégie perceptive inadéquate « longueur = nombre » dans la tâche de Piaget. Sachant que la taille relative du cortex préfrontal est la plus importante chez les êtres humains et qu'elle diminue successivement chez les autres primates, carnivores et rongeurs, on peut aussi penser qu'une telle dynamique postéro-antérieure, marque de l'inhibition comportementale et cognitive, a dû jouer un rôle-clé dans l'évolution (de la matière à l'intelligence) qui a conduit à l'Homme moderne.

## Notes et références

1. Piaget, J., & Inhelder, B. (1966). *La psychologie de l'enfant*. Paris : PUF (Que sais-je ?).
2. Houdé, O. (1998). Développement cognitif. In O. Houdé et coll. (Eds), *Vocabulaire de sciences cognitives*. Paris : PUF.
3. Houdé, O. (1995). *Rationalité, développement et inhibition : Un nouveau cadre d'analyse*. Paris : PUF.
4. Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358, 749-750.
5. Les données de Brannon & Terrace publiées dans la revue *Science* en 1998 (282, 746-749) ont, en effet, mis en évidence la capacité *non verbale* de singes rhésus à *ordonner précisément* des ensembles numériques de 1 à 9 objets, indépendamment de leurs caractéristiques physiques de taille, de forme et de couleur.
6. Houdé, O. (1997). Numerical development : From the infant to the child. Wynn's (1992) paradigm in 2- and 3-year-olds. *Cognitive Development*, 12, 373-392. Voir aussi : Houdé, O. (1999). De la pensée du bébé à celle de l'enfant : L'exemple du nombre. In J.-F. Dortier (Ed.) (1999), *Le cerveau et la pensée*. Auxerre : Sciences Humaines Editions.
7. Evans, J. (1989). *Biases in human reasoning*. Hove and London : Erlbaum.
8. Houdé, O., Zago, L., Mellet, E., Moutier, S., Pineau A., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2000). Shifting from the perceptual brain to the logical brain : The neural impact of cognitive inhibition training. *Journal of Cognitive Neuroscience* (à paraître).

## Biographie

Né le 28 Juin 1963, Docteur en psychologie, Olivier Houdé est Professeur de psychologie cognitive à l'Université René Descartes (Paris 5 - Sorbonne) et Membre junior de l'Institut Universitaire de France. Ses recherches portent sur le développement et le fonctionnement cognitifs, du jeune enfant à l'adulte, dans les domaines du nombre, de la catégorisation et du raisonnement. Il articule les méthodes de la psychologie expérimentale et de la biologie humaine (imagerie cérébrale fonctionnelle) en collaboration avec le Groupe d'imagerie neurofonctionnelle du Professeur Bernard Mazoyer à Caen. Il est l'auteur ou co-auteur de 6 livres aux Presses Universitaires de France : *Catégorisation et développement cognitif* (1992), *Pensée logico-mathématique* (1993), *L'homme en développement* (1993), *Rationalité, développement et inhibition* (1995), *Vocabulaire de sciences cognitives* (1998) et *L'esprit piagétien. Hommage international à Jean Piaget* (2000). Les travaux d'Olivier Houdé ont également conduit à la publication de 25 articles dans des revues scientifiques spécialisées de psychologie du développement et de neurosciences cognitives.