

VRAI OU FAUX

Les enfants apprennent-ils plus facilement les langues ?

Oui. Leur cerveau, plus flexible, serait mieux adapté à cet apprentissage.

Ranka BIJELJAC-BABIC



Lorsqu'une famille s'expatrie dans un pays où une autre langue est parlée, les jeunes enfants semblent l'acquérir vite et sans effort. Les adultes, en revanche, paraissent peiner pendant des années pour la maîtriser. Cette impression correspond-elle à une réalité mesurable ?

De nombreuses études montrent que c'est le cas. Dans l'une d'elles, parue en 1999, James Flege, de l'Université de l'Alabama, et ses collègues ont évalué les performances en anglais de 240 immigrants coréens, en fonction de leur âge d'arrivée aux États-Unis (pour des durées de résidence équivalentes, d'environ 15 ans en moyenne). Leur accent était d'autant meilleur qu'ils étaient arrivés jeunes. La grammaire aussi serait mieux maîtrisée quand elle est apprise jeune, mais dans une moindre mesure.

Comment un cerveau en développement surpasse-t-il celui de l'adulte lors de l'acquisition d'une nouvelle langue ? Plusieurs hypothèses ont été émises. La première, proposée notamment par le neuropsychologue canadien Wilder Penfield dès la fin des années 1950, tient à la plus grande plasticité du cerveau de l'enfant. En effet, l'apprentissage d'une seconde langue suppose une certaine restructuration des réseaux cérébraux, qui seraient particulièrement modulables jusqu'à trois ou quatre ans. Par la suite, le traitement cérébral des perceptions et les gestes articulatoires s'automatisent, ce

qui accroît progressivement les difficultés à acquérir une langue.

Selon une autre hypothèse classique, l'accumulation de connaissances à mesure que l'on grandit créerait de plus en plus de connexions neuronales et rendrait le cerveau moins flexible. L'apprentissage des langues deviendrait alors plus difficile – mais pas impossible !

Plusieurs explications possibles

En 1992, J. Flege a proposé une troisième explication : il serait plus difficile d'acquérir un accent parfait après sept ou huit ans, car les catégories phonétiques (la perception et la prononciation des consonnes et des voyelles) se sont stabilisées dans la langue natale ; et l'apprentissage de la lecture renforcerait ce phénomène. Dès lors, les sons de nouvelles langues apprises plus tardivement auraient tendance à être assimilés à ceux de la première langue.

Une quatrième hypothèse, avancée en 2004 par Michel Paradis, de l'Université McGill, se réfère aux notions d'apprentissage implicite et explicite. L'apprentissage d'une langue se fonderait en partie sur l'acquisition inconsciente de règles grammaticales (concernant par exemple l'ordre des mots). Elles seraient automatiquement enregistrées dans la mémoire dite procédurale, où sont stockées les compétences (faire du vélo, jouer d'un instrument, etc.). Or

la capacité d'incorporer à cette mémoire de nouvelles connaissances diminuerait avec l'âge. L'apprentissage tardif d'une seconde langue mobiliserait alors davantage la mémoire dite déclarative (qui utilise le langage), où sont stockées des connaissances explicites, conscientes.

De même, les mouvements articulatoires sont en partie sous la responsabilité de la mémoire procédurale : la baisse d'efficacité de cette mémoire expliquerait ainsi la difficulté à parler avec un parfait accent dans une langue apprise tardivement. En revanche, l'acquisition de nouveaux mots et de connaissances sémantiques, liée à la mémoire déclarative, resterait stable.

Même si aucune des explications proposées n'a été démontrée, le cerveau des enfants semble particulièrement adapté à l'apprentissage des langues. Ainsi, les enfants maîtriseraient mieux et plus vite la grammaire et la prononciation d'une seconde langue. En contrepartie, ils l'oublient plus vite s'ils ne la pratiquent pas : Christophe Pallier, de l'INSERM, et ses collègues ont ainsi montré que des adultes d'origine coréenne arrivés en France alors qu'ils étaient âgés de trois à huit ans ne se souvenaient plus de leur langue maternelle, dont ils ne distinguaient même plus les sons spécifiques. ■

Ranka BIJELJAC-BABIC est maître de conférences à l'Université de Poitiers et chercheuse au Laboratoire Psychologie de la perception (CNRS UMR 8158), à l'Université Paris Descartes.

Au cœur

The background features several yellow spheres of varying sizes, some with soft shadows, floating against a light grey gradient. In the lower half, a large, vibrant red sphere is shown in a state of fragmentation, with jagged edges and a bright, glowing white-yellow light emanating from its center, suggesting a high-energy collision or explosion.

des

QUARKS

Don Lincoln

L'électron, les quarks et d'autres particules sont considérés comme des objets élémentaires et ponctuels. Mais ces particules pourraient cacher une structure interne constituée d'éléments hypothétiques, les préons.

L'ESSENTIEL

- Dans les 12 particules élémentaires connues, certaines propriétés se répètent. Ce schéma suggère l'existence possible d'une structure interne de ces objets.
- Ces particules pourraient être composées d'entités plus petites, que les physiciens désignent sous le terme générique de « préons ».
- Aucune donnée expérimentale ne confirme aujourd'hui cette hypothèse. Mais la question pourrait être tranchée par le collisionneur LHC du CERN et par d'autres expériences.

Craig Cutler

L'Univers est, à première vue, d'une immense complexité. Nous y observons des phénomènes physiques très divers. Il semble *a priori* difficile de voir le lien entre les émissions radio, qui nous permettent de communiquer, et les rayons gamma, qui peuvent irrémédiablement endommager les molécules d'ADN. Nous pouvons nous déplacer librement dans l'air, alors que nous sommes incapables de traverser un mur. De l'énergie est produite au cœur du Soleil mais aussi dans les centrales nucléaires.

En apparence, ces divers phénomènes n'ont aucun rapport les uns avec les autres, mais les physiciens ont découvert quelques principes qui les rassemblent en une seule théorie, expliquant tout cela et bien d'autres choses encore. Cette théorie, le « modèle standard de la physique des particules », décrit à la fois les forces électromagnétiques, qui font qu'un mur est solide, et les forces nucléaires, qui gouvernent les réactions de fusion dans le Soleil et de fission dans les centrales nucléaires.

Le modèle standard est l'une des théories les plus efficaces jamais développées.

Pour l'essentiel, elle postule qu'il existe deux groupes de particules de matière : les quarks et les leptons. L'association de certains quarks constitue les protons et les neutrons des noyaux atomiques. Le lepton le plus familier est l'électron. N'importe quel atome est une combinaison de protons, de neutrons et d'électrons. Ces constituants sont liés par quatre interactions fondamentales, dont deux nous sont familières, la gravité et l'électromagnétisme ; les deux autres, les interactions forte et faible, le sont moins. Le modèle standard décrit les trois dernières interactions, qui sont communiquées entre les particules de matière par l'échange d'une ou plusieurs autres particules de la classe des bosons. En revanche, toutes les tentatives d'incorporer la gravité au monde microscopique se sont soldées par un échec.

Malgré ses nombreux succès – des prédictions de nouvelles particules confirmées par l'expérience et l'accord entre calculs théoriques et mesures –, le modèle standard laisse de nombreuses questions sans réponses. Par exemple, pourquoi existe-t-il quatre interactions, ni plus ni moins ? Et pourquoi y a-t-il

L'AUTEUR



Don LINCOLN est directeur de recherche au Fermilab, près de Chicago (États-Unis).

Il a travaillé sur les expériences des collisionneurs *Tevatron* au Fermilab, et LHC, au CERN.

deux sortes de particules fondamentales de matière – les quarks et les leptons – plutôt qu'une seule ?

C'est une autre énigme qui a, depuis longtemps, attiré mon attention et celle de nombreux autres physiciens. Le modèle standard considère les quarks et les leptons comme ponctuels et indivisibles. Pourtant, de nombreux indices suggèrent que ces particules pourraient en fait être composées d'éléments encore plus petits. Cela permettrait d'expliquer que certaines particules ont des propriétés communes. Nous présente-

rons un modèle de sous-structure pour les quarks et les leptons ainsi que les recherches expérimentales qui tentent de confirmer cette hypothèse. Une telle découverte pourrait s'accompagner de phénomènes que nous n'avions jusqu'à présent pas anticipés et nous forcerait à revoir en profondeur notre vision du monde microscopique.

Afin d'étudier la physique des particules et les problèmes du modèle standard, les physiciens doivent sonder la matière à des échelles toujours plus petites. Pour y parvenir, ils ont construit des accélérateurs où les particules se percutent à des vitesses proches de celle de la lumière. En effet, plus l'énergie de la collision est élevée, plus il est possible de faire émerger des détails fins dans la structure de la matière. Depuis la mise en évidence des quarks, dans les années 1970, il nous manque les outils qui nous permettraient de regarder à l'intérieur des quarks. Mais aujourd'hui, le grand collisionneur de hadrons du CERN (le LHC, pour *Large Hadron Collider*) près de Genève pourrait être à la hauteur de la tâche. Le LHC a d'ailleurs fait ses preuves en révélant, en juillet 2012, les premières traces du boson de Higgs, la dernière particule non observée du modèle standard.

Le fossé des générations

Les premiers signes d'une structure interne aux quarks et aux leptons ont émergé des recherches sur une autre question (sans réponse à ce jour) concernant le nombre de quarks et de leptons découverts. Les protons et les neutrons sont constitués de deux types de quarks, les quarks *u* (ou *up*) et *d* (ou *down*). La charge électrique de ces derniers vaut, respectivement, $+2/3$ et $-1/3$, celle du proton étant l'unité. Au fil des années, d'autres types de quarks ont été décelés. Les quarks *s* (pour *strange*, étrange) et *b* (*bottom*) sont de même charge que le quark *d*, mais ils sont plus lourds. De la même façon, les quarks *c* (*charm*) et *t* (*top*) sont deux versions lourdes du quark *u*. Les quatre quarks les plus lourds sont instables et se désintègrent en quelques fractions de seconde pour donner les deux plus légers.

L'électron a lui aussi des cousins lourds instables, le muon et le tau, de même charge que lui. Et pour compléter l'inventaire des particules de matière connues, il faut ajouter les trois versions du neutrino, toutes de masse très faible et électriquement neutres.

LES PARTICULES DU MODÈLE STANDARD

Le modèle standard de la physique des particules est la théorie qui décrit les particules fondamentales ainsi que leurs interactions. Il comprend deux sortes de particules : les constituants de la matière (les quarks et les leptons) sont des fermions (particules de spin $1/2$), et les particules médiatrices des interactions fondamentales sont des bosons (particules de spin entier). Le modèle standard présente trois générations de fermions de masse croissante. Les fermions d'une même ligne présentent des propriétés similaires.

