



# Bébés et déjà savants

Que sait-on lorsque l'on n'a encore rien appris ?

Sur quoi s'appuient les bébés pour acquérir leurs premières connaissances ? En étudiant leurs multiples capacités, les sciences cognitives explorent ce qu'il y a d'inné en nous...

PAR MARIE-CATHERINE MÉRAT  
PHOTOS: BAPTISTE LIGNEL/OTRA-VISTA

Le sujet est allongé, paisiblement endormi. Plusieurs capteurs, disposés de chaque côté de son crâne, enregistrent l'activité électrique de son cerveau. À ses pieds, des hauts-parleurs diffusent des séries de quatre syllabes identiques, prononcées par une voix synthétique : « ga-ga-ga-ga ». Parfois, une modification survient sur le dernier son, « ga-ga-ga-ba ». Immédiatement, le cerveau réagit. Dans la région frontale inférieure gauche, que l'on sait impliquée dans le langage, le signal recueilli par les capteurs s'amplifie. Signe que le sujet, même plongé dans le sommeil, a détecté le changement de syllabe.

Rien d'étonnant *a priori*. Vous, moi, tout individu doté d'une capacité au langage parlé est capable de discriminer inconsciemment les syllabes. Sauf qu'ici, le sujet n'est pas un adulte. Ni même un enfant. Né après seulement 32 semaines de grossesse, c'est un prématuré âgé de trois jours, qui devrait encore se trouver dans le ventre de sa mère pour



deux mois ! Ce que nous dit donc cette expérience, c'est qu'avant même la naissance, le cerveau du bébé est déjà configuré pour traiter le langage.

Depuis quelques années, les études comme celles-ci se multiplient, dans le domaine de la linguistique, mais aussi des mathématiques, de la perception... qui montrent que loin d'être ce petit organisme vierge de toute connaissance décrit par la psychologie au XX<sup>e</sup> siècle, le bébé possède de multiples compétences. Et ce, dès l'âge de quelques mois, de quelques jours, voire avant sa venue au monde ! Cela signifie-t-il que ces compétences sont innées ?

## ***Dès la naissance, le cerveau du bébé serait une machine à apprendre, et renfermerait des modèles intuitifs du monde***

Qu'elles sont inscrites dans le patrimoine génétique de tout *Homo sapiens* ? Et si tel est le cas, comment sont-elles implémentées dans son cerveau ? C'est au cœur des sciences cognitives qu'il faut mener l'enquête. Galvanisées par les développements de l'imagerie cérébrale et des outils de modélisation mathématique, elles nous livrent aujourd'hui non

des réponses définitives, mais une foule d'hypothèses et une audacieuse proposition : dès la naissance, le cerveau du bébé serait une machine à apprendre. Il renfermerait des modèles intuitifs du monde, ainsi qu'un puissant algorithme d'apprentissage qui lui permettrait, à travers le jeu et l'observation, de combiner ces modèles intuitifs avec les données reçues du monde extérieur.

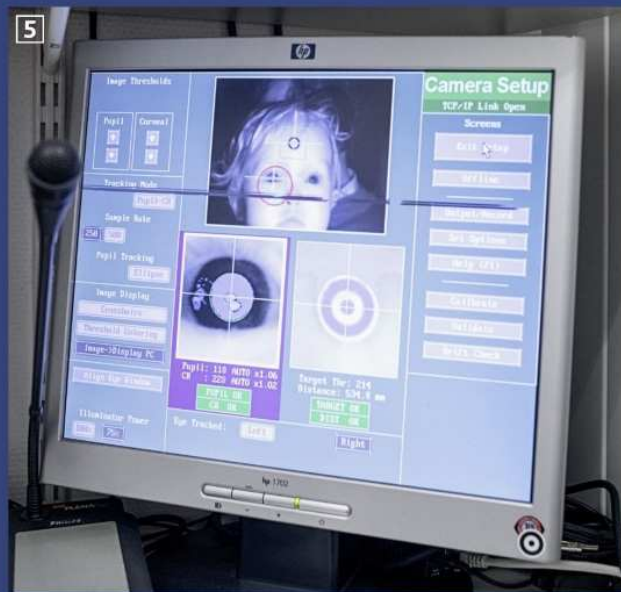
### **DES NOTIONS DE SYNTAXE DÈS 2 ANS**

S'il est un domaine où la question de l'inné se pose inmanquablement, c'est bien celui du langage, pour lequel les très jeunes enfants semblent doués d'un véritable instinct. Sans cela, comment expliquer qu'ils soient capables d'apprendre à parler si naturellement et si rapidement parfois

plusieurs langues en même temps ? Comment expliquer, encore, qu'ils parviennent, dès l'âge de 2 ans, à produire et interpréter des phrases qu'ils n'ont pourtant jamais entendues auparavant ? Leur maîtrise de la syntaxe à un très jeune âge, alors qu'ils commencent tout juste à parler, est particulièrement étonnante.



Au sein de l'École normale supérieure (1), le Babylab accueille des bébés soumis à des expériences portant notamment sur le langage. Une fois mise en confiance par Alex de Carvalho, doctorant au Laboratoire de sciences cognitives et psycholinguistique (2), Marthe, 16 mois, regarde des vidéos avec son papa (3). Des objets inconnus (un « touse », par exemple) et des actions (« pouner ») lui sont présentés, pendant qu'une caméra repère la direction de son regard (4 et 5). L'idée est de déterminer si le bébé sait déjà utiliser le contexte syntaxique pour deviner le sens d'un mot.



En 2010, Anne Christophe, directrice du laboratoire de sciences cognitives et psycholinguistique de l'École normale supérieure, à Paris, et Savita Bernal, alors thésarde au laboratoire, ont ainsi montré qu'à 24 mois, les bébés sont parfaitement capables de repérer des violations syntaxiques. L'équipe a eu l'idée de leur présenter des constructions de deux mots (« la » et « mange », par exemple) dans des contextes où ces constructions pouvaient être correctes ou non sur le plan de la syntaxe : « Alors elle la mange » *versus* « La fille prend la mange ». Durant l'expérience, les bébés portaient un casque d'électrodes permettant de mesurer leur activité cérébrale par électroencéphalographie (EEG). L'EEG a ainsi révélé que leur cerveau détecte immédiatement les constructions anormales et émet des

réponses caractéristiques localisées dans l'hémisphère gauche, siège du langage.

Un phénomène que l'équipe est même parvenue à reproduire avec des pseudo-mots (des pseudo-noms et des pseudo-verbos) enseignés aux enfants à travers de courtes histoires mises en scène à l'aide de petits personnages (« regarde, c'est un joli touse », « la petite fille poune le cheval »). Les bébés comprennent rapidement que *touse* appartient à la catégorie des noms (puisque'il désigne un vau-tour) et *pouner* à la catégorie des verbes (puisque'il représente l'action de seller). Quelques minutes d'apprentissage suffisent, en effet, pour que les bébés généralisent les violations syntaxiques à ces pseudo-mots et que leur cerveau détecte automatiquement des anomalies dans la construction



des phrases (« Alors il le touse », « Marie prend le poune »). Très tôt, les enfants se servent donc de la syntaxe pour apprendre à parler. Dans une plus récente étude, l'équipe a même « réussi à montrer que des bébés de 18 mois utilisent le contexte syntaxique dans lequel est présenté un mot nouveau pour deviner son sens possible », rapporte Anne Christophe. Cela signifie-t-il pour autant que cette compétence pour la syntaxe est innée, inscrite dans le fonctionnement même de leur cerveau ?

### UNE SPÉCIFICITÉ HUMAINE

Difficile, sinon impossible, de le déduire sur la base de ce type d'expériences. L'enfant pourrait très bien avoir appris certaines régularités du langage en entendant ses parents parler dans les premiers jours ou semaines suivant sa naissance, voire lorsqu'il était encore dans le ventre maternel. « Les arguments qui suggèrent qu'il y a quelque chose d'inné dans le langage viennent plutôt d'autres domaines que des expériences sur les bébés », confirme Anne Christophe. Notamment de travaux menés sur les primates non-humains. Le fait est bien connu : chimpanzés et orangs-outans sont doués pour le langage des signes. Ils peuvent apprendre à utiliser une centaine de gestes pour

communiquer. Cependant, ils ne produisent jamais des phrases parfaitement structurées. Ils se limiteront plutôt à « moi banane, toi pas banane, moi toi donne ». « Ils apprennent tout un tas de mots et savent très bien associer un symbole et un sens, mais jamais ils ne combinent les mots entre eux pour créer un sens plus complexe comme le font les enfants », souligne la chercheuse. Notre langage apparaît en cela unique dans le monde animal. Seul l'homme semble doté d'une grammaire mentale, un système de traitement du langage lui permettant de générer une infinité de phrases nouvelles, mais aussi d'analyser automatiquement, et de façon largement inconsciente, l'organisation cachée du langage. Une faculté dont les bébés, dès le plus jeune âge, semblent bien dotés.

Mais ils ne sont pas seulement doués pour le langage. De nombreux travaux l'attestent : ils ont aussi des intuitions pour les mathématiques. En 2009, Véronique Izard, du laboratoire de Psychologie de la perception, de l'université Paris-Descartes, a ainsi montré que des nouveau-nés âgés d'une trentaine d'heures seulement possèdent une représentation abstraite du nombre. Installés sur un siège incliné face à un écran, les bébés devaient d'abord écouter des séries de sons. Deux groupes avaient



Dans cette seconde expérience, on présente à Marthe la vidéo d'un pingouin immobile pivotant sur lui-même, tandis qu'une voix énonce : « Regarde le doripe ! » (1). La vidéo suivante montre ce « doripe » réaliser un saut périlleux, la voix précisant : « Regarde, il bamoule ! » Une fois ce vocabulaire assimilé, les bandes-son des vidéos sont interverties. On observe alors que dès 18 mois, le bébé regarde la scène plus longtemps quand la voix prétend que le « doripe » « bamoule » alors qu'il est immobile. Signe qu'il a repéré une incohérence qui n'a pas lieu dans l'autre cas (un doripe réalisant un saut périlleux reste bien un doripe). Après ces épreuves, la petite Marthe est gratifiée d'un diplôme de l'École normale supérieure (3).

été constitués : les uns écoutaient des séries de quatre sons, les autres, des séries de douze sons. Puis l'équipe leur présentait à l'écran des images, composées de quatre ou de douze objets. Les résultats de l'étude furent nets : les bébés familiarisés avec quatre sons regardaient plus longuement les images composées de quatre objets et *vice versa* pour le groupe familiarisé avec douze sons. Preuve, pour les scientifiques, qu'ils détectaient une correspondance numérique entre les stimuli sonores et visuels. « Les bébés parviennent à faire la correspondance entre un nombre de sons qu'ils entendent et un nombre de formes sur un écran, ce qui montre qu'ils ont une idée du nombre assez abstraite, qui

notamment par Karen Wynn, professeure au département de l'université américaine Yale, ont révélé qu'avant un an les bébés sont aussi capables de réaliser intuitivement des opérations arithmétiques : additions, multiplications...

Comme pour le langage, la question de l'inné se pose donc inévitablement : ce sens du nombre est-il inscrit dans le fonctionnement même du cerveau ou se développe-t-il progressivement dans les premières heures et semaines de vie, le bébé étant confronté en permanence aux quantités dans son environnement (le nombre de personnes qui l'entourent, de sons qu'il entend, etc.) ? Une chose est sûre, le sens du nombre est également présent chez

## ***Les bébés ne sont pas seulement doués pour le langage, ils ont aussi des intuitions pour les mathématiques***

ne dépend pas de la modalité sensorielle, conclut Véronique Izard. Ce sens du nombre est approximatif, c'est "peu" versus "beaucoup". Si on leur présente des contrastes entre des nombres trop proches, ils ne voient pas la différence. »

Et les compétences numériques des jeunes enfants ne se limitent pas à cette représentation abstraite du nombre. D'autres études, menées

les animaux : des lionnes à qui l'on fait entendre des rugissements enregistrés adoptent un comportement d'attaque ou de fuite selon le nombre d'individus qu'elles croient distinguer. Cette intuition numérique – évaluer le nombre de prédateurs, la quantité de nourriture dans l'environnement, etc. – pourrait ainsi avoir été sélectionnée par l'évolution pour la survie de l'espèce. Mais elle pourrait aussi



^> Sens du nombre chez les lionnes, capables d'évaluer le nombre d'agresseurs potentiels en écoutant leurs rugissements, apprentissage du langage des signes chez les chimpanzés... les animaux fournissent eux aussi de précieux enseignements sur ce qu'il y a d'inné dans nos compétences mathématiques et langagières.

servir une autre compétence possiblement innée : un sens des probabilités. « *Quand on fait des statistiques, on doit manipuler des quantités* », note en effet Véronique Izard. Un bébé capable de faire des statistiques dès le berceau ? Drôle d'hypothèse à première vue. Surtout lorsque l'on connaît les travaux du célèbre psychologue Jean Piaget, spécialiste du développement de l'enfant, qui considérait que ce dernier ne pouvait développer un sens des probabilités avant l'âge de 12 ans.

### UNE MACHINE PROBABILISTE

Pourtant, un concept de plus en plus populaire en sciences cognitives affirme le contraire. Depuis une dizaine d'années, en effet, émerge une théorie, notamment soutenue en France par le neuroscientifique Stanislas Dehaene, selon laquelle le cerveau serait une sorte de machine probabiliste, capable d'extraire du monde extérieur des statistiques et de s'en servir pour réaliser des inférences, des déductions et inductions nécessaires à la perception, à la prise de décision ou encore à l'apprentissage. Une machine probabiliste dite bayésienne, car il se trouve que ces inférences



sont modélisables à l'aide d'un théorème mathématique, le théorème de Bayes.

Or cette compétence pour les statistiques, cette capacité à réaliser des opérations logiques, semble bien présente dès le plus jeune âge. Une étude, menée en 2008 par Fei Xu et Vashti Garcia, de l'université de Colombie-Britannique, à Vancouver, suffit à s'en convaincre. Les deux scientifiques ont placé des bébés de 8 mois face à une vidéo dans laquelle un expérimentateur, yeux clos, plonge la main dans une urne opaque remplie de boules blanches et rouges et en sort, une à une, cinq boules : quatre rouges et une blanche. Puis l'urne s'ouvre et l'enfant découvre son contenu. Dans un cas, elle est composée d'une majorité de boules rouges, dans un autre, d'une majorité de boules blanches. Comme le ferait un adulte, les bébés regardent beaucoup plus longtemps la situation improbable (soit l'urne composée d'une majorité de boules blanches), signe qu'ils sont surpris par ce résultat incohérent et que leur cerveau est donc capable de calculs probabilistes leur permettant, à partir de seulement quelques observations, de réaliser une inférence et de remonter à un modèle possible du contenu de l'urne.



À l'image de cette expérience, c'est donc en observant son entourage, en jouant, que le bébé réaliserait en permanence, et de façon largement inconsciente, des expériences mentales sur le monde extérieur. Il projetterait des anticipations, des hypothèses probabilistes basées sur ses modèles internes. L'incohérence entre anticipations et observations lui permettrait alors de détecter la nouveauté, la

## ***Le cerveau contiendrait un noyau de connaissances innées, fruit d'un apprentissage déployé sur des millions d'années***

surprise, et finalement de réviser ses représentations du monde. Autrement dit... d'apprendre.

Voilà le mécanisme, avancent aujourd'hui les sciences cognitives, qui guiderait tous les apprentissages du jeune enfant et expliquerait leur incroyable rapidité, ou comment il parvient à « inférer autant à partir de si peu », selon les mots de Joshua Tenenbaum, professeur en sciences cognitives computationnelles au MIT (Massachusetts Institute of Technology). Est-ce là la clé de l'innéité ? Le cœur de ce qui nous est donné en naissant et à partir de quoi nous pouvons construire tout le reste, tout inférer,

y compris un sens de la syntaxe et du nombre ? C'est là que l'affaire se complique...

« *L'approche bayésienne comporte deux aspects : la fonction de vraisemblance, qui correspond à ce que vous mesurez, et la distribution de probabilités a priori, qui correspond à la connaissance préalable,* décrit Alexandre Pouget, directeur du laboratoire de neurosciences cognitives computationnelles à l'université de Genève. *Ce qui transparait donc dans le cadre bayésien, c'est qu'on ne peut pas apprendre, déduire ce qu'il se passe dans le monde extérieur sans connaissances innées.* » Pour le formuler autrement, cette approche implique qu'en plus de sa capacité à faire des probabilités, le bébé disposerait d'un noyau de connaissances préalables, dans le domaine du langage, de l'arithmétique, peut-être aussi des objets, de l'espace... Et c'est sur ce noyau de représentations mentales que s'appuierait l'apprentissage bayésien. En somme, le cerveau du bébé serait un peu comme un ordinateur doté d'un logiciel capable de fournir un puissant algorithme d'apprentissage, mais qui, pour fonctionner, aurait besoin d'aller puiser dans des fichiers sources : un fichier langage, un fichier nombres, un fichier objets, etc.

Un noyau de connaissances dont les scientifiques ne savent pour l'heure rien ou presque. Sans doute ces connaissances sont-elles, elles aussi, le fruit d'un processus d'apprentissage. Mais un apprentissage beaucoup plus long, qui se serait déployé sur des millions d'années. « *L'évolution a sélectionné des mécanismes génétiques qui permettent d'imprimer dans les réseaux de neurones des connaissances innées* », avance Alexandre Pouget. Quant à savoir quelle forme pourrait prendre ces intuitions, quels mécanismes neuronaux les sous-tendraient, les scientifiques sont bien en peine de répondre.

« *On a beaucoup de théories sur la manière dont la fonction de vraisemblance est représentée dans le cerveau, reprend le chercheur. En revanche, nous ne savons pas du tout quels mécanismes neuronaux permettent la distribution de probabilités a priori C'est un peu comme la matière noire en physique : on sait que c'est essentiel, qu'il va falloir le comprendre, que c'est partout et que c'est inévitable, mais on n'a rien à en dire pour l'instant !* » ●

Merci à Anne Christophe, Anne-Caroline Fiévet et Alex de Carvalho pour leur accueil au Laboratoire de sciences cognitives et psycholinguistique de l'ENS, à Paris.



^ Aussi intelligent qu'un autre, l'enfant « dys » éprouve des difficultés qui vont de l'apprentissage de la lecture à celui du calcul, en passant par la coordination de ses gestes.