



Les 0-6 ans

**des capacités
extraordinaires**

© Lisa5201/ iStock / Getty Images Plus



Les 0-6 ans, des capacités extraordinaires

Tous les enfants en bonne santé manifestent très tôt des capacités cognitives, motrices et relationnelles étonnantes. Ce sont des linguistes hors pair, des supers matheux, des athlètes précoces et des explorateurs de relations sociales attentifs et perspicaces.

Afin de mettre en évidence de telles capacités, des chercheurs spécialisés dans le développement cognitif des enfants mènent des études dès le plus jeune âge, souvent avec des bébés qui ne parlent pas encore. Dans des « Babylabs », centres spécialisés dotés de moyens techniques performants et indolores, ils étudient les processus de maturation du cerveau et mesurent les réactions des enfants à différents *stimuli* visuels et sonores selon des protocoles précis. Ces études montrent que les apprentissages des enfants sont bien plus précoces qu'on ne le pensait.

L'oculométrie (*Eye tracking*) suit le regard que posent les enfants sur les images des protocoles d'expériences.

© Cyril FRESILLON / LSCP / ENS / EHESS / CNRS Photothèque



L'électroencéphalographie (EEG) mesure l'activité électrique du cerveau à l'aide de capteurs placés sur le cuir chevelu.

Les capteurs électriques sont parfois remplacés par des émetteurs et des capteurs d'infrarouges proches de la lumière visible (spectroscopie proche infra-rouge ou NIRS). Ils mesurent l'augmentation du débit sanguin liée à l'activité du cerveau. Les mesures sont encore plus fines avec l'imagerie par résonance magnétique (IRM). Ici, installation d'un bébé dans le tunnel d'un IRM à champ magnétique faible.



Le défi des chercheurs

Comment comprendre ce qui se passe dans la tête des tout-petits ? C'est d'autant plus difficile que les bébés ne peuvent répondre verbalement. Et les jeunes enfants ont du mal à suivre des consignes par manque de concentration. Pour relever le défi, les chercheurs des Babylabs doivent concevoir des protocoles d'expériences ingénieux.

Observer les comportements spontanés des bébés.

Les enfants écoutent des sons et regardent les images d'un protocole d'expérience. Les comportements spontanés de succion ou d'attention du regard sont mesurés et filmés.

Si un bébé tète davantage lorsqu'il regarde des images accompagnées d'un son plutôt qu'un autre, les chercheurs en concluent que le bébé est capable de différencier les deux sons et qu'il préfère le premier. Les sons peuvent être remplacés par des syllabes, des mots ou des phrases.

Les chercheurs évaluent les savoirs grammaticaux des plus grands en mesurant le temps qu'ils passent à regarder une image ou une lumière qui accompagnent un mot ou une phrase. Ils utilisent des techniques automatisées de suivi du regard (oculométrie) et ils analysent les films des expériences.



Les bébés tètent plus souvent et plus fort s'ils sont intéressés ou surpris par un son, une phrase ou une image.



Suivi d'une expérience d'apprentissage des mots, chez une petite fille de 20 mois via un oculomètre (eye-tracker).



Selon son âge, l'enfant est assis sur les genoux d'un de ses parents ou sur une petite chaise.

Une gommette blanche et noire, placée sur le front de l'enfant, permet à l'oculomètre de retrouver les yeux plus facilement (par exemple si l'enfant a tourné la tête puis revient vers l'écran).



Mesurer finement l'activité électrique et l'augmentation du débit sanguin

Certaines tâches cognitives (perception des visages, écoute de phonèmes et de voix différentes...) augmentent l'activité de régions spécifiques dans le cerveau. La fréquence des signaux électriques augmente localement, de même que les besoins énergétiques (glucose et oxygène) comblés par un débit sanguin plus intense. Les tracés d'électroencéphalographie (EEG) sont modifiés et l'imagerie optique dans le proche infra-rouge (NIRS) ou l'imagerie par résonance magnétique (IRM) permettent de visualiser finement les régions du cerveau impliquées.



Bébé équipé d'un filet de capteurs d'EEG.



Bébé prêt pour une expérience dans un tunnel d'IRM.

Expérimenter en dehors des laboratoires

Les études dans les Babylabs se déroulent le plus souvent dans des petites cabines insonorisées, mais certaines études sur les capacités des enfants et l'évolution de leurs connaissances sont menées dans des maternités, des crèches, des écoles, au domicile des parents ou même dans les musées !



© Cyril FRESILLON / LSCP / ENS / EHESS / CNRS Photothèque

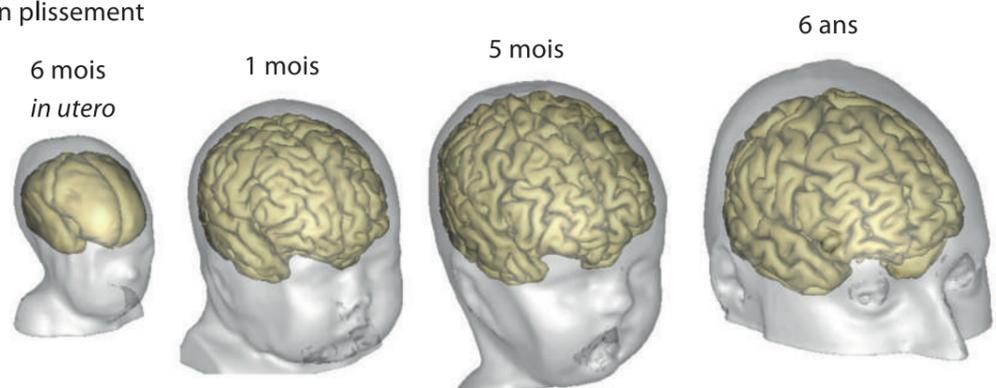
Plasticité cérébrale intense

Durant les premières années de vie, le développement intense et rapide du cerveau est gouverné par de nombreux mécanismes à la fois génétiques et environnementaux. Au cours de cette période de plasticité cérébrale extrême, les acquisitions sensorimotrices et les capacités d'apprentissages des enfants sont exceptionnelles.

Nos milliards de cellules nerveuses, les neurones, se forment dès la fin du premier trimestre *in utero*.

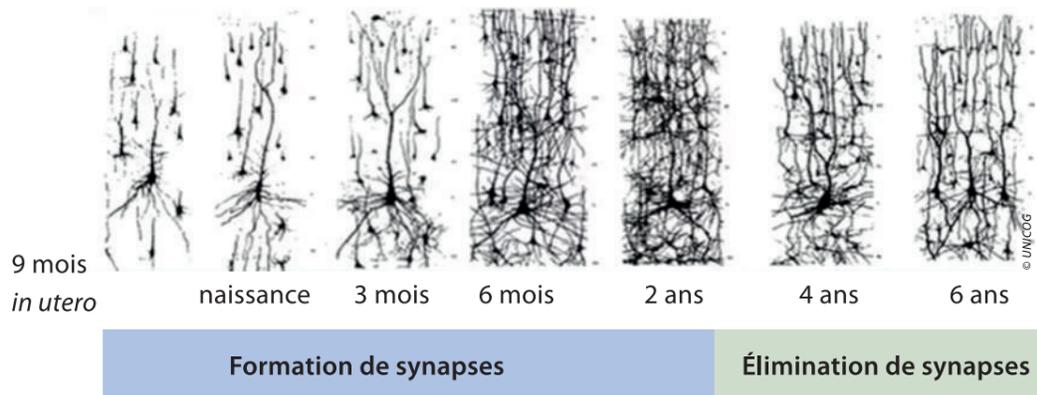
Un grand nombre d'entre elles migrent à la surface du cerveau pour former le cortex cérébral.

La croissance du cortex est telle que sa surface subit un plissement impressionnant au cours des dernières semaines avant la naissance.



Connexions et prolongements de neurones

Dès 4 mois *in utero*, des connexions (synapses) s'établissent entre les neurones, localement et à distance par l'intermédiaire des longs prolongements neuronaux. C'est la synaptogénèse. Les neurones commencent à propager des signaux électriques (influx nerveux).



Des influx nerveux plus rapides

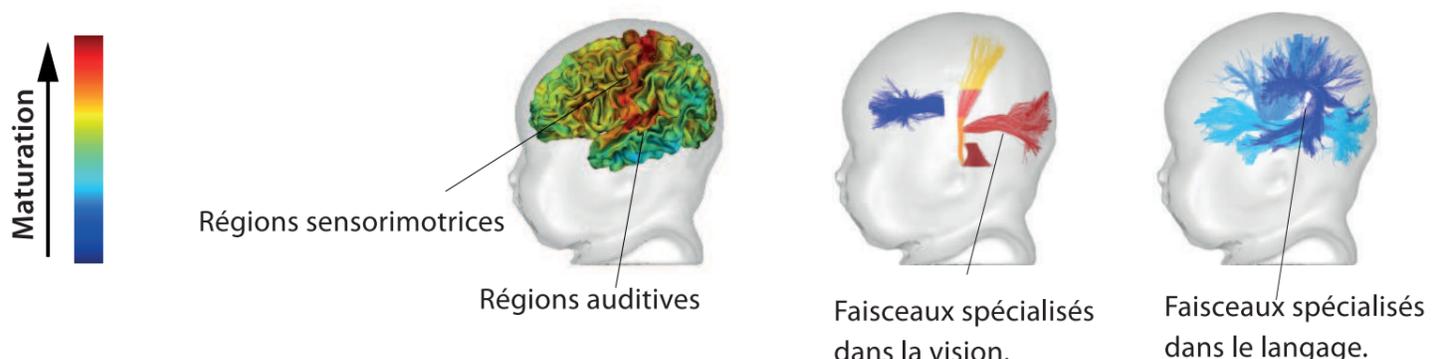
De la naissance à l'adolescence, la vitesse des influx nerveux augmente avec le processus de myélinisation des prolongements neuronaux. Le bébé peut ainsi répondre de plus en plus rapidement aux *stimuli* de son environnement.

La myélinisation croissante se traduit sur les IRM par des zones blanches plus marquées et plus étendues.



Formation de faisceaux spécialisés

De 6 à 9 mois *in utero*, les longs prolongements des neurones se regroupent en faisceaux spécialisés dans des fonctions cognitives. Les réseaux de l'audition, de la vision, de la parole... qui entrent en jeu dans les facultés abstraites telles que le langage ou la communication, se mettent en place très tôt. Dès 6 mois *in utero*, le fœtus entend la voix de sa mère et commence à la reconnaître un mois avant la naissance.



Linguistes en herbe

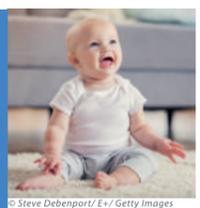
Le cerveau humain a évolué pour traiter le langage. Les capacités d'audition, présentes dès 6 mois *in utero*, sont spécialisées dans la langue maternelle du bébé à l'âge d'un an. Tel un détective, par un processus actif, le bébé devine le sens des mots en exploitant le contexte environnemental et linguistique dans lequel ils apparaissent.



Naissance : bébé préfère sa langue maternelle à d'autres langues ou à la musique



1-5 mois : bébé reconnaît les voyelles et les consonnes



6 mois : bébé produit des syllabes



8 mois : bébé babille et commence à apprendre la syntaxe



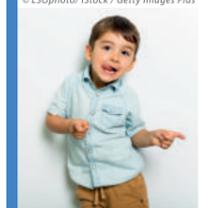
12 mois : bébé comprend et produit ses premiers mots



18 mois : bébé comprend les phrases et utilise le contexte pour enrichir son vocabulaire



2 ans : l'enfant comprend des phrases complexes et produit ses premières phrases



3 ans : l'enfant a acquis la grammaire.



4 ans : l'enfant a acquis le langage oral et expérimente l'écrit

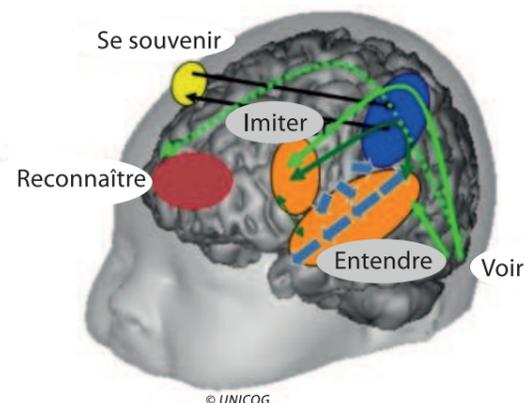
Bébés détectives

Les bébés regardent autour d'eux et prêtent attention à la direction du regard de leur interlocuteur pour inférer le sens de nouveaux mots. Ils utilisent aussi la structure de la phrase. Par exemple à 18 mois, ils savent faire la différence entre un verbe et un nom. En effet, un verbe se réfère le plus souvent à une action alors qu'un nom se réfère à un objet.

Les bébés exploitent la syntaxe des phrases
Si un bébé de 18 mois regarde un animal qui saute et qu'on lui dit « Oh regarde, il bamoule ! », il devine que bamouler signifie sauter. Tandis que s'il entend « Oh regarde, un bamoule ! », il infère que bamoule désigne l'animal.

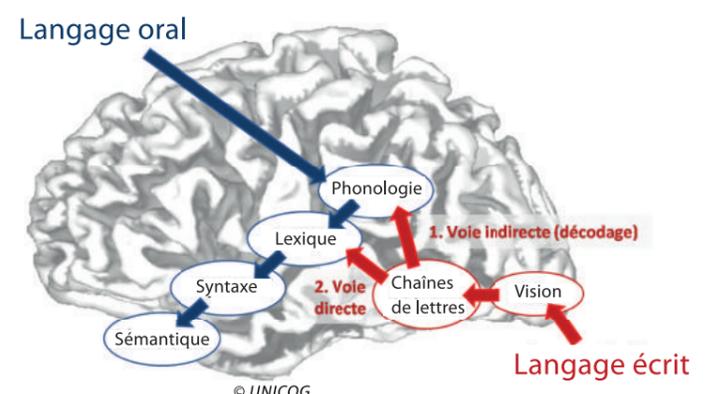
Un cerveau adulte miniature

Les images IRM du cerveau des bébés témoignent d'une organisation aussi sophistiquée que celle des adultes où chaque région est spécialisée dans un rôle cognitif particulier. En revanche, les temps de réponse peuvent être très longs. Il faut presque une seconde pour qu'un bébé tourne son attention vers un nouveau son, alors qu'un adulte perçoit le changement en seulement 300 ms.



et des régions spécialisées interconnectées

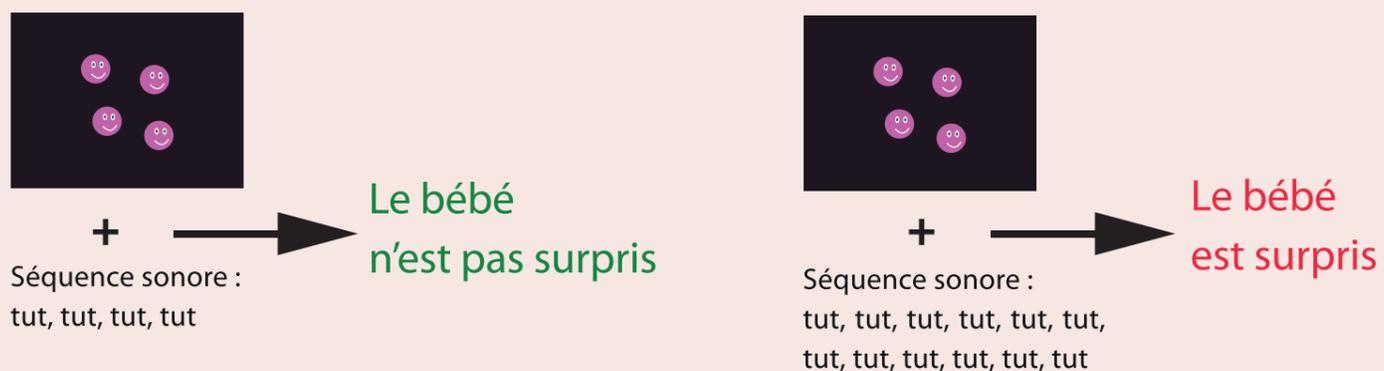
Des études utilisant l'imagerie par résonance magnétique montrent que la lecture développe une nouvelle voie d'entrée pour les réseaux du langage (régions bleues), par le biais de la vision (régions rouges). Grâce à la lecture, invention culturelle, nous améliorons aussi le langage oral à travers la mémoire auditive, par exemple.



Bébés matheux

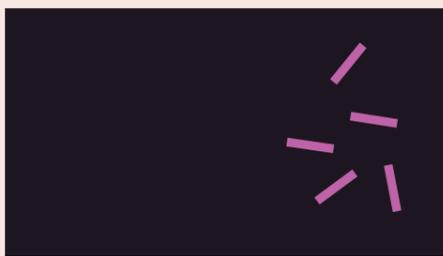
Les bébés sont capables de percevoir les nombres, et même de deviner le résultat d'une addition ou d'une soustraction, avant même d'entrer à l'école !

Les nourrissons réagissent quand le nombre de sons qu'ils entendent ne correspond pas au nombre d'images qu'ils voient.

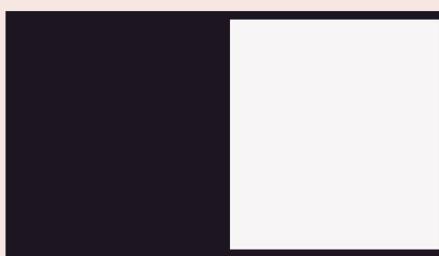


Les nourrissons sont également capables de réaliser des petits calculs. Lorsqu'on leur présente une animation où 5 objets s'ajoutent à 5 autres objets, ils sont surpris par le résultat égal à 5 objets seulement (résultat B).

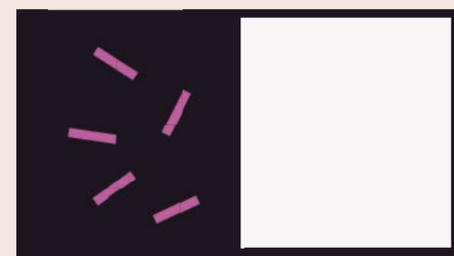
1 Bébé regarde 5 objets.



2 Un écran blanc cache les 5 objets.

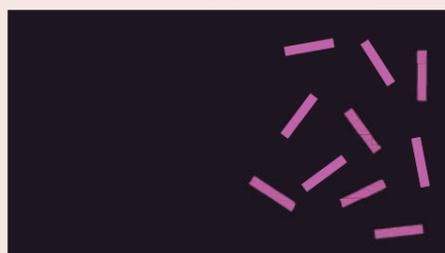


3 Cinq autres objets se déplacent de gauche à droite vers l'arrière de l'écran.



4 L'écran blanc est enlevé. Deux résultats sont proposés au nourrisson

A



Le bébé n'est pas surpris

B



Le bébé est surpris

Les intuitions des enfants en mathématiques peuvent guider les apprentissages scolaires. Celles pour la géométrie sont actuellement étudiées dans les Babylabs.

Bébé athlète

Non, les enfants ne font pas leurs premiers pas vers l'âge de 10-12 mois dans un équilibre précaire. Ces premiers pas, ils les exercent en se déplaçant dans l'utérus maternel. En véritables athlètes, ils utilisent leurs bras et leurs jambes pour se propulser dans le monde extérieur.

Tout juste sortis du ventre maternel, les bébés sont capables de ramper pour aller jusqu'au sein. Cette capacité à se déplacer est bien connue des pédiatres qui vérifient la bonne coordination des pas alternés des nouveau-nés en les faisant marcher debout.



© DR
Marche primitive, testée par le pédiatre à la naissance du bébé.

Pendant très longtemps la marche primitive a été considérée comme un simple réflexe, vestige d'une marche archaïque nullement commandée par le cerveau, disparaissant rapidement, et sans lien avec la marche mature acquise vers l'âge de deux ans. Des études sur les mécanismes précoces du développement de la marche prouvent maintenant le contraire.

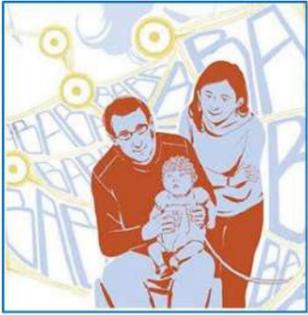
En effet, plusieurs études montrent que la marche primitive ne disparaît jamais mais évolue vers la marche mature. Ces deux marches ont des similitudes : elles peuvent être sollicitées par la vision, donc par le cerveau et elles présentent des caractéristiques cinématiques et musculaires semblables.

La marche primitive est dormante chez le tout petit car ses muscles sont peu exercés contre la gravité, mais il suffit de plonger bébé dans l'eau ou de l'allonger sur un petit skateboard pour réactiver cette locomotion !



© UNICOG

Les Babylabs



NeuroKids'Lab

Le Neurokidslab est un Babylab situé sur le plateau de Saclay dans l'Essonne. Il dépend du laboratoire d'imagerie des fonctions cognitives (UNICOG) du centre de neuroimagerie Neurospin. Des recherches sont menées sur le développement cognitif des bébés (perception du langage, perception visuelle, accès à la conscience, accès aux symboles...) et des enfants (apprentissage de la lecture et des mathématiques), au moyen de techniques d'imagerie cérébrale (EEG et IRM) qui améliorent les connaissances sur le fonctionnement du cerveau.

Directrice : Ghislaine Dehaene

Site : moncerveaualecole.com/le-kids-lab

Contact : neurokidslab@gmail.com



Le BabyLab de l'Integrative Neuroscience and Cognition Center est situé rue des Saints-Pères, Paris VI. Il dépend du CNRS et de l'Université Paris Descartes. Des recherches sont menées sur la perception de la parole, l'acquisition du langage, les capacités mathématiques, la latéralisation du corps et du cerveau ou encore sur le développement précoce de la marche, de la naissance jusqu'à l'âge scolaire, au moyen de méthodes comportementales (oculométrie) et de techniques d'imagerie cérébrale (EEG et NIRS).

Site : <http://lpp-lbb.parisdescartes.cnrs.fr>

Facebook : facebook.com/INCCbabylab

Contact : incc-contact.labobb@services.cnrs.fr



Babylab
de l'École normale supérieure

Le BabyLab de l'École normale supérieure est situé rue d'Ulm, Paris V. Il dépend du Laboratoire de Sciences Cognitives et Psycholinguistique (ENS- CNRS-EHESS). Des recherches sont menées sur l'acquisition du langage et d'autres capacités cognitives, au moyen de techniques comportementales comme l'oculométrie.

Directrice : Anne Christophe

Site : sapience.dec.ens.fr/babylab

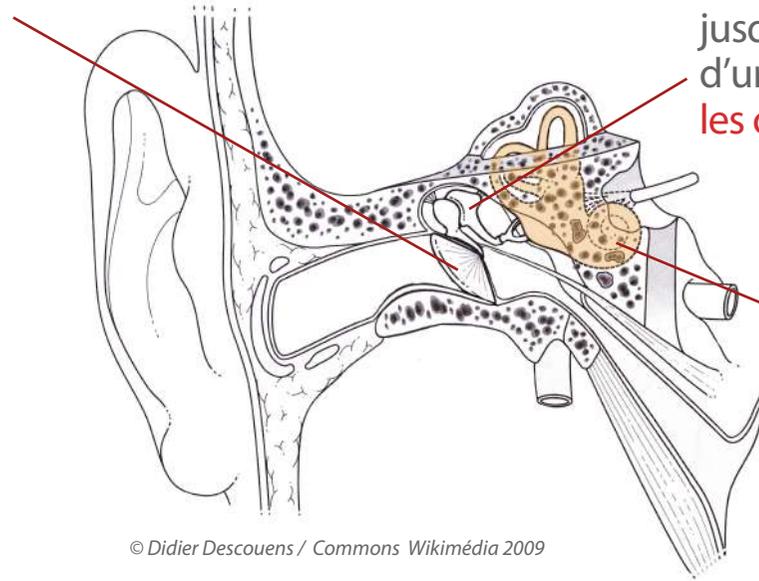
Contact : babylab.lscp@gmail.com



Une oreille opérationnelle *in utero*

Le fœtus réagit à certains sons dès la 25^e semaine *in utero*. Notre système auditif, qui semble fonctionner à cet âge, évolue beaucoup au cours de la première année. Les bébés de 6 mois par exemple, sont plus sensibles aux sons aigus qu'aux sons graves. Le système auditif continue de se développer jusqu'à l'adolescence.

Au fond du conduit auditif, le **tympan** capte les sons de l'environnement.



La vibration du tympan se transmet, jusqu'à l'oreille interne par l'intermédiaire d'une chaîne de trois petits os : **les osselets**.

Dans la **cochlée** en forme d'escargot, le son est décomposé du grave à l'aigu et codé sous forme d'impulsions électriques transmises au cerveau par le nerf auditif.

© Didier Descouens / Commons Wikimedia 2009

À la naissance, les bébés différencient presque toutes les voyelles et les consonnes de toutes les langues. Ils se spécialisent petit à petit dans leur langue maternelle à mesure qu'ils perdent leur capacité à différencier les sons des autres langues. Cela explique qu'il est difficile de maîtriser parfaitement une langue étrangère à l'âge adulte.

Capacités d'abstraction étonnantes

Les nouveau-nés sont capables de reconnaître la forme d'un objet, indépendamment de sa taille, de sa couleur, de sa texture, ou d'autres propriétés.

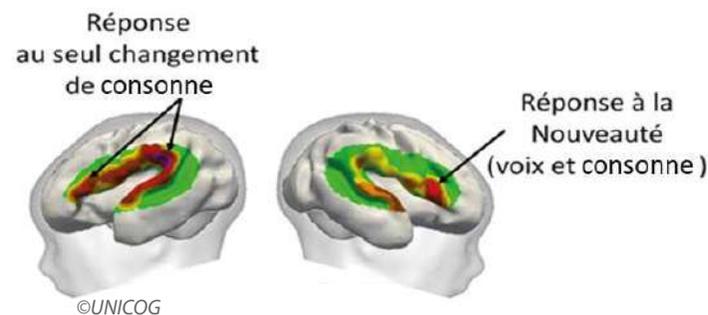
Lorsqu'un nouveau-né tient dans sa main un cylindre sans le voir, il sent une forme curviligne. S'il tient une pyramide, il sent des arêtes rectilignes. Si on lui présente ensuite visuellement une des deux formes en plus grand, il reconnaît soit le cylindre, soit la pyramide qu'il a manipulé précédemment.

Dès la naissance, les bébés utilisent leur système auditif et leurs capacités d'abstraction pour repérer les sons (consonnes et voyelles), les mots, et même la grammaire, dans le flot continu de la parole.

Capacités d'apprentissage

Le langage est une capacité spécifiquement humaine. Les bébés sont équipés à la naissance de facultés cérébrales qui leur permettent d'apprendre les langues qui les entourent. Des nouveau-nés prématurés à 6 mois de grossesse sont déjà capables de discerner des consonnes mais distinguent peu les voix d'hommes des voix de femmes.

Activité du cerveau de prématurés, (mesurée par spectroscopie dans le proche infra-rouge), lorsqu'ils entendent des syllabes ne différant que d'une seule consonne (« ba » et « ga »). La couleur rouge indique une réponse intense au changement de consonne.



Lorsque les syllabes sont prononcées par une voix de femme puis d'homme, l'activité cérébrale du nouveau-né est peu modifiée. La perception s'affine quelques semaines plus tard avec le développement des réseaux de neurones codant la voix.



Dotés de mécanismes d'apprentissage spécialisés différents de ceux des humains, les bébés oies apprennent à cartographier la forme des constellations en observant le ciel nocturne du fond de leur nid, ce qui leur permettra de s'orienter dans leur vie future d'oiseaux migrateurs.