

Gâce à l'imagerie cérébrale, les chercheurs ont désormais accès aux mécanismes neuronaux qui sous-tendent le langage et son développement. Pour ce faire, ils utilisent chez les jeunes enfants des techniques non invasives telles l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), la topographie optique (la spectroscopie en proche infrarouge ou NIRS, une nouvelle méthode utilisant une lumière proche de l'infrarouge dont la composante réfléchie dépend de l'activation cérébrale) ou l'électroencéphalographie, qui mesure l'activité électrique du cerveau à la surface de la tête. L'IRM fonctionnelle et la NIRS mesurent l'oxygénation du sang et indirectement l'activité cérébrale : plus une région cérébrale est active, plus elle consomme d'oxygène et cette variation d'oxygénation sanguine est mesurée. L'IRM est une technique sen-

sible au mouvement, de sorte que l'on peut tester des nourrissons éveillés ou endormis qui ne bougent pas beaucoup et des enfants dès cinq ou six ans qui restent immobiles dans la machine. En revanche, passé l'âge de quelques mois et jusqu'à cinq ou six ans, les scientifiques privilégient des techniques d'imagerie différentes, telle l'électroencéphalographie, qui ne nécessitent pas une immobilité totale.

L'imagerie permet de compléter les recherches comportementales et d'essayer de répondre aux questions suivantes : les réseaux du langage sont-ils déterminés et actifs dès la naissance ? Sont-ils identiques aux réseaux mis en jeu chez les adultes ?

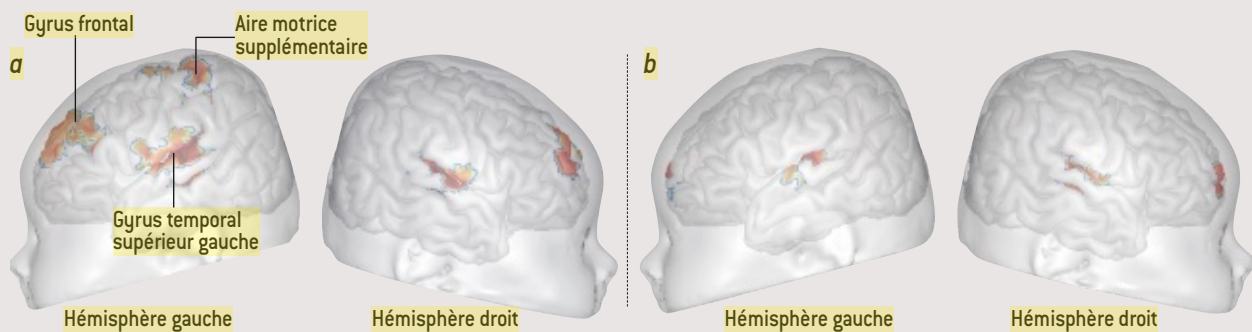
En 2002, Ghislaine Dehaene-Lambertz, qui dirige aujourd'hui l'Équipe de neuro-imagerie du développement de l'INSERM 562 au CEA

à Gif-sur-Yvette, et ses collègues ont fait écouter des phrases à l'enfant ou à l'envers à des nourrissons de deux à trois mois, éveillés dans l'IRM ou qui s'y étaient endormis, et ont enregistré leur activité cérébrale. L'IRMf a montré que le gyrus temporal supérieur (la région temporale) gauche était plus actif dans ces deux cas. Ces régions gauches sont aussi cruciales pour le traitement du langage chez l'adulte, mais sont-elles spécifiques du langage ou traitent-elles tous types de stimulation auditive ? En 2009, la même équipe a montré que l'asymétrie gauche-droite pour le langage n'est pas retrouvée lors de l'écoute de stimulus musicaux.

Qui plus est, en 2011, en utilisant la topographie optique sur des nourrissons français ou japonais de quatre mois, des chercheurs de notre équipe et des chercheurs japonais

ont mis en évidence la latéralisation à gauche du langage, ainsi que la sensibilité particulière à la langue maternelle. Ils ont mesuré l'oxygénation cérébrale pendant que les bébés écoutaient leur langue maternelle, une langue étrangère, des sons humains émotionnels (comme le rire) ou des sons produits par des singes. Dès quatre mois, le cerveau des enfants traite la langue maternelle différemment d'une autre langue ; de plus, le langage engendre des réactions cérébrales localisées uniquement dans l'hémisphère gauche, ce qui n'est pas le cas avec des bruits.

En conséquence, les activations cérébrales des nourrissons face au langage sont assez semblables à celles des adultes, et spécifiques du langage quand on les compare à d'autres stimulations auditives, avec une activation plus importante s'il s'agit de la langue maternelle.



LES NOURRISSONS RECONNAÎSSENT LA VOIX DE LEUR MÈRE. Dans l'hémisphère gauche de bébés de deux mois, les activations du gyrus temporal supérieur, du gyrus frontal et de l'aire motrice supplémentaire sont plus

importantes quand les enfants entendent la voix de leur mère (a), comparée à celle d'un étranger (b). Ces stimulations cérébrales des nourrissons face au langage sont assez semblables à celles des adultes.

Dehaene-Lambertz et al., Brain and Language, 2010

si la seconde phrase décrit une situation peu plausible, nous n'avons aucune difficulté à imaginer la scène.

L'acquisition des spécificités syntaxiques de la langue maternelle d'un enfant correspond à une étape essentielle du développement du langage. Toutefois, les chercheurs sont partagés quant à l'âge auquel les enfants commencent à avoir des connaissances syntaxiques, et à la façon dont ils ont pu acquérir ces connaissances.

En 2010, pour déterminer si des enfants de deux ans savent repérer si la structure syntaxique d'une phrase est correcte ou non, nous avons utilisé la technique des potentiels évoqués. Celle-ci consiste à mesurer l'activité électrique du cerveau du bébé pendant qu'il écoute des phrases,

à l'aide d'un appareil d'électroencéphalographie (voir la figure 3).

Dans cette expérience, les enfants regardent de petites histoires filmées, dans lesquelles nous avons glissé des phrases-tests : la moitié d'entre elles sont grammaticales, comme *alors elle la mange* et *la poule prend la fraise*, et l'autre moitié sont agrammaticales, parce que nous avons échangé les noms et les verbes, comme dans *alors elle la fraise* et *la poule prend la mange*. Dans tous les cas, le mot critique, *fraise* ou *mange*, est précédé du mot grammatical *la*, qui peut être soit un article, comme dans *la poule prend la fraise*, soit un pronom objet direct, comme dans *alors elle la mange*.

Les résultats montrent une réaction cérébrale très différente pour les phrases

grammaticales par rapport aux phrases agrammaticales. Cette activation cérébrale se produit dans la partie gauche du cerveau – les régions cérébrales où les adultes traitent le langage – et démarre avant même la fin du mot critique, environ 350 millisecondes après le début du mot.

En conséquence, en entendant le début d'une phrase, les enfants de deux ans construisent des attentes sur la catégorie grammaticale du mot qui vient ensuite ; ils peuvent ainsi repérer les cas où il y a une incohérence entre le type de mot attendu et le type de mot qu'ils entendent.

Nous reproduisons en ce moment même cette expérience avec des enfants plus jeunes, âgés de 18 mois. Les résultats préliminaires suggèrent qu'eux aussi distinguent