

Les enfants prêtent leur cerveau à la science

Les mesures de l'activité du cerveau dans ses phases de développement précoce sont encore rares. Une étude française ouvre la voie grâce à la participation active d'une soixantaine d'enfants.

CÉDRIC DUVAL
est journaliste.

REPORTAGE
PHOTOS : Anne
Van der Stegen.

Laura*, 5 ans, grimpe à toute vitesse les marches du Centre d'imagerie cérébrale et de recherche en neurosciences (Cyceron) de Caen. Arlette et Gaëlle sont là pour l'accueillir. Main dans la main, le trio s'engouffre dans un long couloir menant à la salle des enfants. C'est alors que Laura sort de son sac à dos un dessin représentant une étrange machine en forme d'anneau et s'écrie : « *Je vais passer une IRM.* » Ce n'est pas un jeu. Laura participe aujourd'hui à une étude de neurosciences des plus sérieuses. Une première en France. Lancée par le Groupe d'imagerie neurofonctionnelle du développement (Gindev), une unité mixte de recherche du CNRS, du CEA, de l'université de Caen et de l'université Paris-Descartes, cette étude consiste à faire passer des IRM (Imagerie par résonance magnétique) anatomiques et fonctionnelles à une soixantaine d'enfants sains volontaires. Objectif : comprendre comment se développe l'intelligence humaine.

* Les prénoms des enfants ont été modifiés.



Deux groupes d'âges ont été constitués : 5-7 ans (grande section de maternelle et CP) et 9-11 ans (CM1-CM2). « *De grands sauts dans le raisonnement se produisent à ces âges-là*, explique Olivier Houdé, de l'université Paris-Descartes et directeur de l'équipe. *D'où l'intérêt d'une observation directe du cerveau en développement, ce qui n'avait jamais été réalisé aussi*

minutieusement sur un aussi large échantillon d'enfants sains des écoles maternelles et élémentaires. » Jusqu'à présent, les études consistaient surtout à observer les troubles pathologiques tels que l'autisme chez l'enfant ou la schizophrénie chez l'adolescent. Elles s'intéressaient peu au développement cognitif du cerveau normal. Et pour cause. (suite page 63)

UNE FILLETTE de 5 ans est installée dans le tunnel de l'IRM, sous les yeux attentifs de ses parents. En observant l'activité cérébrale d'enfants qui réalisent tous exactement la même tâche, les chercheurs du Groupe d'imagerie neurofonctionnelle du développement (Gindev) tentent de comprendre ce qu'il y a de différent dans la structure et le fonctionnement de leur cerveau selon qu'ils échouent ou réussissent la tâche. Réalisée entre janvier 2008 et janvier 2009, cette étude (une première en France) a concerné une soixantaine d'enfants sains volontaires âgés de 5 à 11 ans.



1 LA VEILLE DU PASSAGE DANS L'IRM, les psychologues de l'équipe se rendent dans l'école de l'enfant pour le préparer à l'expérience. Ils lui posent un « casque » en carton sur la tête qui symbolise l'antenne IRM dans laquelle il placera sa tête le jour de l'examen.

2 3 UNE FILLETTE S'EXERCE AU JEU DE LA STATUE dans un faux tunnel. L'objectif est de lui apprendre à rester immobile pendant plusieurs minutes. On lui explique qu'il ne faut pas bouger la tête pendant l'examen, sinon, l'image de son cerveau sera floue.

4 5 6 7 L'ENFANT PASSE UNE SÉRIE DE TESTS destinés à mesurer le plus précisément possible son profil cognitif et logico-mathématique. Céline Lanoë, de l'institut universitaire de formation des maîtres à Caen, et Nicolas Poirel, de l'université Paris-Descartes, lui demandent, par exemple, d'ordonner des baguettes selon leur taille (notion de sériation) ou s'il y a plus de pâte à modeler quand on aplatit la boule (notion de conservation de la substance). Selon les réponses de l'enfant, on détermine son stade de développement. Puis ces données sont recoupées avec les observations du cerveau.

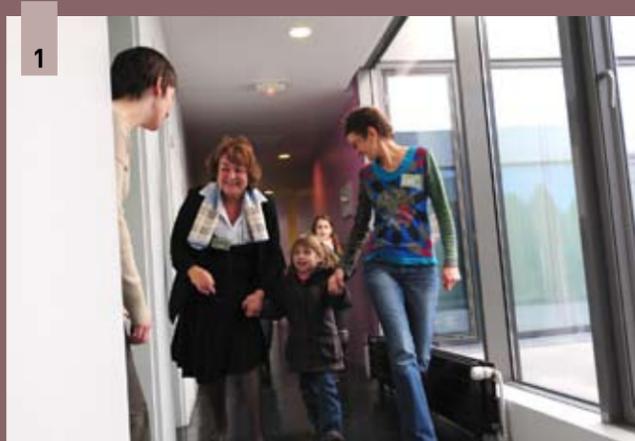
(suite de la page 61) Réaliser de telles études sur des enfants à des fins de recherche fondamentale n'est pas une mince affaire.

Afin d'obtenir l'accord du ministère de la Santé et du Comité de protection des personnes, il faut tout d'abord démontrer la fiabilité du protocole expérimental. Il faut aussi motiver les parents des enfants et convaincre les professeurs et directeurs des écoles partenaires ainsi que l'inspection d'académie. En effet, le recrutement des enfants s'effectue dans le cadre même de l'école. Le processus est le suivant. L'équipe commence par présenter le projet aux parents d'élèves. Ensuite, ceux qui sont intéressés contactent le Cyceron, dirigé par Bernard Mazoyer, avant de se rendre sur place une première fois. Si l'enfant donne son accord, rendez-vous est pris pour l'IRM.

Reste que « le véritable challenge réside dans la mise en situation ludique, assure Arlette Pineau, de l'université de Caen. Cela demande une grande préparation en amont dans les écoles, réalisée par notre équipe de psychologues de l'enfant ». Ainsi, la veille du passage dans l'appareil IRM, Arlette Pineau et Gaëlle Leroux, de l'université Paris-Descartes, se rendent dans

l'une des écoles associées. Là, elles expliquent aux enfants volontaires que des chercheurs vont regarder « leur cerveau pour comprendre comment il grandit et apprend », tout en précisant qu'une recherche scientifique c'est un peu comme un jeu avec des règles très précises. Par exemple, ne pas bouger du tout dans l'appareil IRM, sinon « la photo de ton cerveau sera floue ». Ainsi, 75% des examens réalisés au cours de cette étude ont été conservés pour l'analyse scientifique. C'est bien supérieur aux 30% à 50% obtenus dans les autres laboratoires du monde.

Retour au centre Cyceron. Après avoir répété l'expérience dans un faux tunnel, Laura s'apprête à entrer dans la salle IRM « pour de vrai ». Dès lors, une mécanique bien huilée se met en place. « On va commencer à jouer au jeu de la statue et, en même temps, on va prendre des photos de ton cerveau plusieurs fois », explique Arlette Pineau, tandis que Guy Perchey, infirmier de recherche, installe délicatement Laura dans le tunnel de l'IRM. « Si ça ne va pas appuie sur la poire plusieurs fois et on arrêtera aussitôt », précise-t-il. Toute l'équipe se regroupe alors dans la salle de contrôle. Tandis que Laura visionne (suite page 66)



1 DÈS SON ARRIVÉE AU CENTRE CYCERON, l'enfant est accueilli par l'équipe dont il a déjà fait la connaissance la veille, à l'école.

2 UN MÉDECIN lui fait ensuite passer une visite médicale pour actualiser les mesures physiques (taille, poids et périmètre crânien de l'enfant).



3 4 5 AVANT DE PASSER L'IRM, l'enfant répète le test cognitif une dernière fois. On lui rappelle comment utiliser le boîtier comportant deux boutons tactilement différents sans regarder ses doigts pour répondre aux petits problèmes posés. Il se familiarise au bruit de l'IRM à l'aide d'un casque et d'un magnétophone afin d'éviter toute angoisse lors de l'examen.



6 LORS DE LA VISITE MÉDICALE, l'enfant signe son document de consentement moral. Il accepte ainsi de participer à l'expérience, tout en sachant qu'il peut changer d'avis à tout moment. Cette formalité n'est pas obligatoire, mais elle a volontairement été ajoutée à la procédure légale, qui impose aux chercheurs de faire signer aux parents une « feuille de consentement éclairé » en présence du médecin, afin de motiver les enfants.

7 LA PETITE FILLE S'APPRÊTE À ENTRER DANS LA SALLE IRM. Sur le mur, une affiche décrit l'observation par IRM avec des mots simples. C'est un repère visuel destiné à rassurer l'enfant. Cette affiche a en effet préalablement été utilisée par son professeur comme support de cours sur l'anatomie du cerveau. Une manière ludique d'inclure l'expérience du centre Cyceron dans le programme scolaire.





(suite de la page 63) un dessin animé sur l'écran situé juste au-dessus d'elle, l'IRM anatomique peut commencer. Il s'agit dans ce cas de cartographier le cerveau, c'est-à-dire de connaître les répartitions hémisphériques et régionales de matière grise (neurones, synapses*) et de matière blanche (gaine de myéline qui recouvre les axones* rassemblés en faisceaux et qui connectent les différentes zones du cerveau).

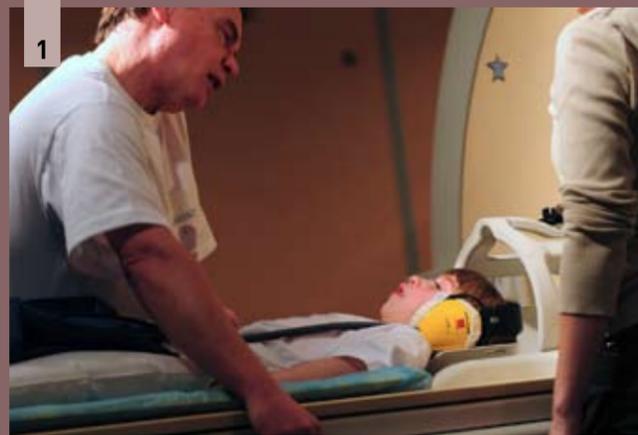
Un quart d'heure après, c'est la pause. Laura fonce voir son cerveau sur l'écran d'ordinateur tout en dévorant une madeleine. Puis elle retourne s'allonger dans le tunnel pour passer l'IRM fonctionnelle. Cette fois-ci, l'appareil mesure l'activité cérébrale pendant que l'enfant réalise une tâche cognitive particulière (calcul, raisonnement, etc.), grâce à un boîtier de commandes. Pour cela, la résonance magnétique suit en chaque point du cerveau la concentration en désoxyhémoglobine, une molécule qui reflète l'oxygénation du sang. La mesure tient à ce que le débit sanguin augmente localement pour alimenter les neurones des régions du cerveau qui participent à l'accomplissement de la tâche cognitive proposée. Quelques minutes plus tard, Laura retrouve ses parents et décroche son diplôme. « Je n'imaginais

* Les **synapses** sont les jonctions entre les neurones qui assurent la propagation de l'influx nerveux.

* Les **axones** sont les prolongements des neurones qui conduisent les impulsions électriques.

pas une telle capacité de concentration de la part de Laura », confie son père.

Comme Laura, une soixantaine d'enfants ont ainsi participé à l'expérience entre janvier 2008 et janvier 2009. L'heure est à l'analyse des données. En comparant des enfants de différents stades de développement cognitif, mais qui réalisent la même tâche, les chercheurs devraient voir ce qu'il y a de différent dans la structure et le fonctionnement de leur cerveau selon qu'ils échouent ou réussissent la tâche. Et donc d'identifier les traces du progrès cognitif! L'équipe fait notamment l'hypothèse que certaines régions du cortex préfrontal, à l'avant du cerveau, seront activées seulement chez les enfants qui réussissent la tâche. « Ces régions sont celles du contrôle cognitif, c'est-à-dire de la capacité de l'enfant à inhiber certaines stratégies perceptives, visuospatiales par exemple, pour activer d'autres stratégies plus logico-mathématiques », précise Olivier Houdé. À terme, l'enjeu est d'établir la première cartographie anatomo-fonctionnelle des stades du développement cognitif. Mais aussi de mieux comprendre d'un point de vue clinique les troubles des acquisitions et d'aider à la conception de démarches pédagogiques innovantes. ■



1 DANS LA SALLE DE L'IRM, Guy Perchey, infirmier de recherche, positionne la tête de l'enfant dans l'antenne de l'IRM. Il la place bien droite et dans une position confortable afin que l'enfant ne bouge pas.

2 APRÈS AVOIR POSITIONNÉ LE CASQUE ANTI BRUIT sur les oreilles de l'enfant et placé le boîtier électronique de réponse, Guy Perchey doit encore fixer sur l'antenne de l'IRM l'écran vidéo grâce auquel seront réalisés les tests.

3 L'ENFANT est plongé dans une ambiance ludique, grâce à une décoration lumineuse sur le thème du voyage spatial et de la fusée.



4 DEPUIS LA SALLE DE CONTRÔLE, Guy Perchey reste en contact permanent avec l'enfant et s'efforce de lui expliquer simplement tout ce qui se passe.

5 L'IMAGE ANATOMIQUE DU CERVEAU est recadrée numériquement. Les comparaisons millimétriques des cerveaux des enfants qui seront réalisées ensuite sur ordinateur, lors du traitement statistique des données par les chercheurs, exigent que toutes les images aient été enregistrées strictement dans la même orientation.

6 LES PSYCHOLOGUES DE L'ÉQUIPE, après l'IRM fonctionnelle, demandent à l'enfant d'expliquer ses réponses pour mieux cerner son profil.

7 8 CHAQUE ENFANT REÇOIT UN JEU ÉDUCATIF sur le corps humain ou le cerveau ainsi qu'un diplôme pour le remercier d'avoir participé à l'étude.

