

DOSSIER

De l'éclosion des premières cellules nerveuses, dans l'embryon, jusqu'à notre toute dernière pensée, le cerveau ne connaît pas de repos. L'activité incessante de ses cent milliards de neurones, à chaque instant de notre vie, nous permet de penser, d'agir, d'apprendre... bref, d'être humain. Voici les grandes étapes de cette existence hors du commun.

Carine Peyrières

Comment se construit votre cerveau

Avant la naissance genèse d'un génie

Bien avant que l'embryon prenne forme humaine, avant que des membres (bras, jambes...) émergent de la pelote de cellules issue de la fécondation, le cerveau pointe déjà le bout de son nez. Alors que l'embryon fait à peine la taille

d'un grain de riz, un fin boudin de cellules se développe sur toute sa longueur. À l'une des extrémités, au niveau de la future tête, il formera le cerveau. Le reste du tube deviendra la moelle épinière, l'intermédiaire entre le cerveau et le reste du corps.

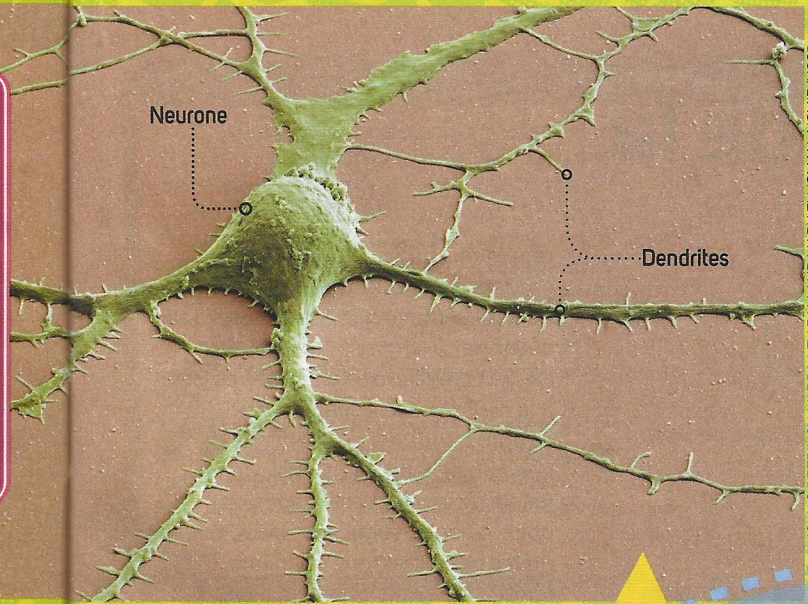
1 Fabrication (à partir de la 5^e semaine)

Dès le 28^e jour de grossesse, des « cellules génitrices », situées dans la paroi du boudin appelé tube neural, commencent à fabriquer des « bébés » neurones – les cellules du futur cerveau. Cette production, lente au début, atteindra son rythme de croisière entre le 3^e et le 5^e mois : 3 000 nouveaux neurones sont alors fabriqués chaque seconde ! Mais ils sont produits au cœur du boudin. Pour atteindre la périphérie, ils empruntent des cellules « ascenseurs », tendues comme des cordes entre les parois du tube neural. Les neurones s'y accrochent pour traverser le tube jusqu'à leur destination finale. Là, ils s'installent en couches successives : les derniers arrivés s'empilent par-dessus les premiers. Les bébés neurones sont encore tous identiques, mais plus pour longtemps. En effet,

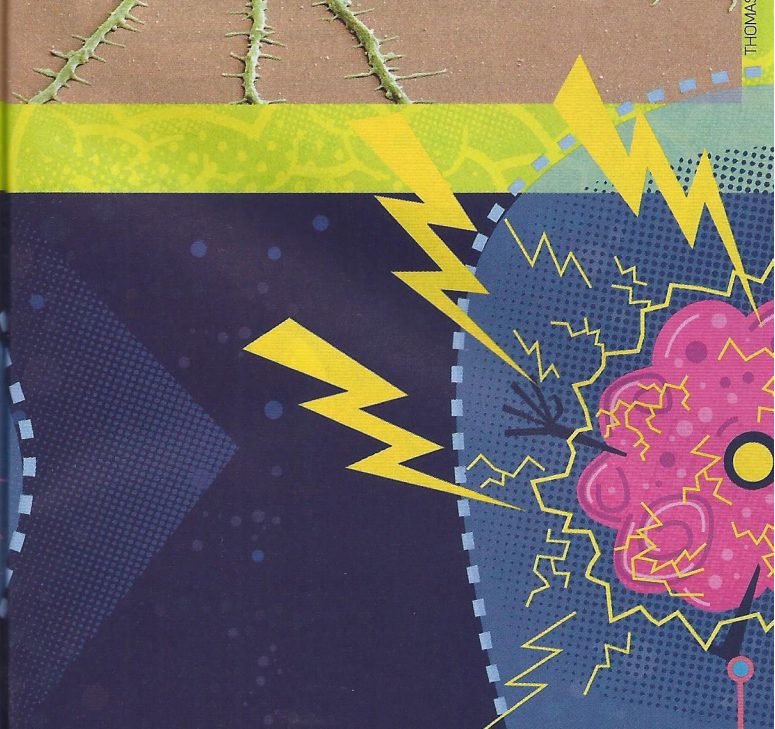
cet énorme mille-feuilles cellulaire ne va pas tarder à se transformer en un vrai petit cerveau, divisé en zones au sein desquelles les neurones auront des fonctions différentes : certains commanderont les muscles, d'autres traiteront les images venues des yeux, d'autres enregistreront nos souvenirs... Or, alors que les neurones sont encore empilés, ils adoptent déjà, comme par magie, leur look d'adulte et fabriquent les molécules grâce auxquelles ils exerceront leur futur métier... Comment savent-ils à l'avance quelles fonctions ils occuperont ? Grâce à leur position dans le mille-feuilles. En effet, celle-ci influence l'expression des **gènes** au cœur de chaque neurone. Selon la couche que celui-ci occupe, les gènes s'exprimeront différemment, et orienteront sa croissance pour qu'il colle à son futur rôle.

2 Branchement (à partir de la 7^e semaine)

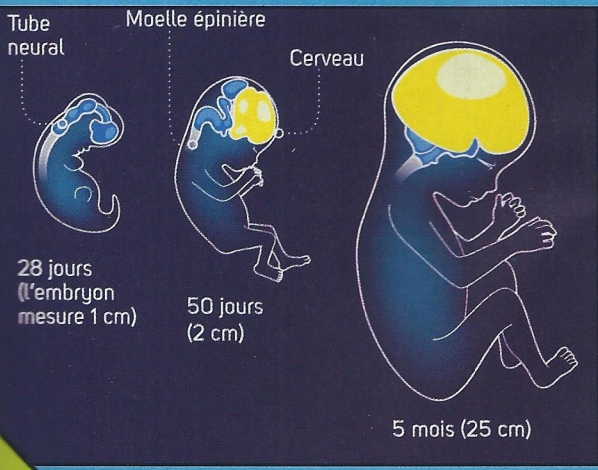
Isolés, les neurones ne sont rien. Ce n'est qu'en formant un réseau qu'ils peuvent coder et enregistrer l'information dans notre cerveau. Et ce sont aussi ces réseaux qui génèrent nos mouvements, nos sensations, nos pensées... Aussi, dès qu'un neurone est installé à sa place définitive, un buisson de dendrites se développe autour de sa « tête » : des milliers d'antennes grâce auxquelles il pourra recevoir des signaux d'autant de collègues ! Il lui pousse aussi un axone, un filament très fin qui va s'étirer sur de grandes distances, parfois jusqu'à une région complètement différente du cerveau, voire jusqu'à la moelle épinière. Doté de multiples têtes (les « terminaisons axonales »), l'axone se connecte aux dendrites de plusieurs autres neurones. Vous avez deviné sa fonction ? Si les dendrites permettent au neurone de recevoir des messages, l'axone lui permet d'en expédier.



THOMAS DEERING, VARDIA LEV-RAW AND MARK ELLISMAN, NCMR/UCSD



DÉVELOPPEMENT DE L'EMBRYON



ANTOINETTE LEVESQUE POUR SVZ

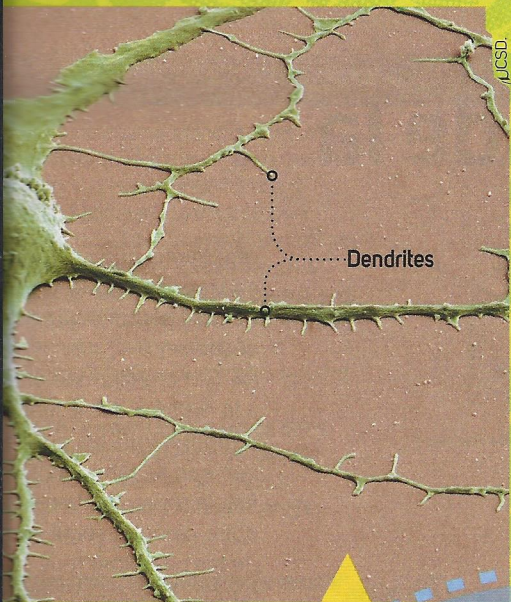
3 Démarrage (à partir du 2^e mois)

Quand le cerveau se met-il en marche pour de bon ? M... Notre seul indice, c'est qu'au deuxième mois de grossesse le fœtus commence à bouger : la tête dans un premier temps, les bras et les jambes. Il ne s'agit que de réflexes, générés par des parties très primitives du cerveau. Mais au moins, il y a que celui-ci a commencé à prendre le contrôle du corps. Ses premiers mouvements sont en quelque sorte les séances d'entraînement des « motoneurones » de la moelle épinière – spécialisés dans la contraction des muscles. En retour, cette activité musculaire abreuve le cerveau de sensations nouvelles, captées par les neurones sensoriels qui ont niché leurs axones dans les tendons et les muscles... C'est en s'efforçant de traiter ces signaux, qui arrivent en vrac d'un peu partout, que le fœtus façonne ses premiers « programmes de contrôle » de l'organisme. Par exemple celui qui lui permet de connaître à chaque mouvement la posture du corps (en position fœtale sur l'échographie) ou encore le tonus des muscles. Entre le 4^e et le 5^e mois, les oreilles, les yeux, le nez se branchent à leur tour, et les stimulations échauffent la machine à penser. Ainsi, le fœtus dans les starting-blocks pour son baptême du feu : la naissance.

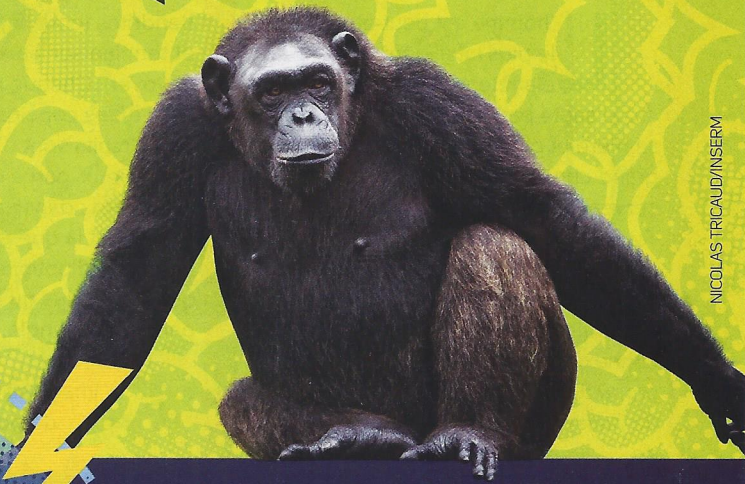
ZOOM

Les gènes sont des petits programmes chimiques, inscrits sur une molécule géante appelée ADN, qui portent le « plan de fabrication » d'un être vivant.

L'HUMAIN? TOUT JUSTE NÉ, IL A DÉJÀ LA GROSSE TÊTE!



THOMAS DEERINCK, VARDÁ LEV-PAW AND MARK ELLISMAN, NCMI/R JCSO



NICOLAS TRICAUD/INSERM

4 Naissance !

Le cerveau du nouveau-né possède 100 milliards de neurones. Il faut les chouchouter, car il n'en produira presque plus jusqu'à sa mort. Il est alors loin d'être terminé. Même s'il fait déjà 600 cm³ (le double du volume du cerveau d'un chimpanzé adulte), il est encore loin de sa taille définitive (1300 cm³). Il l'atteindra à l'âge de 6 ans.

3 Démarrage (à partir du 2^e mois)

Quand le cerveau se met-il en marche pour de bon ? Mystère. Notre seul indice, c'est qu'au deuxième mois de grossesse, le fœtus commence à bouger : la tête dans un premier temps, puis les bras et les jambes. Il ne s'agit que de réflexes, générés par des parties très primitives du cerveau. Mais au moins, ils prouvent que celui-ci a commencé à prendre le contrôle du corps. Ces mouvements sont en quelque sorte les séances d'entraînement des « motoneurones » de la moelle épinière – spécialistes de la contraction des muscles. En retour, cette activité musculaire va abreuver le cerveau de sensations nouvelles, captées par des neurones sensoriels qui ont niché leurs axones dans la peau, les tendons et les muscles... C'est en s'efforçant de traiter ces signaux, qui arrivent en vrac d'un peu partout, que le cerveau façonne ses premiers « programmes de contrôle » de l'organisme, par exemple celui qui lui permet de connaître à chaque instant la posture du corps (en position fœtale sur l'échographie ci-contre) ou encore le tonus des muscles. Entre le 4^e et le 5^e mois, les oreilles, les yeux, le nez se branchent à leur tour, et leurs stimulations échauffent la machine à penser. Ainsi, le cerveau est dans les starting-blocks pour son baptême du feu : la naissance.



SHUTTERSTOCK / CRISTINAMURACA

De 0 à 12 ans à l'école de la vie

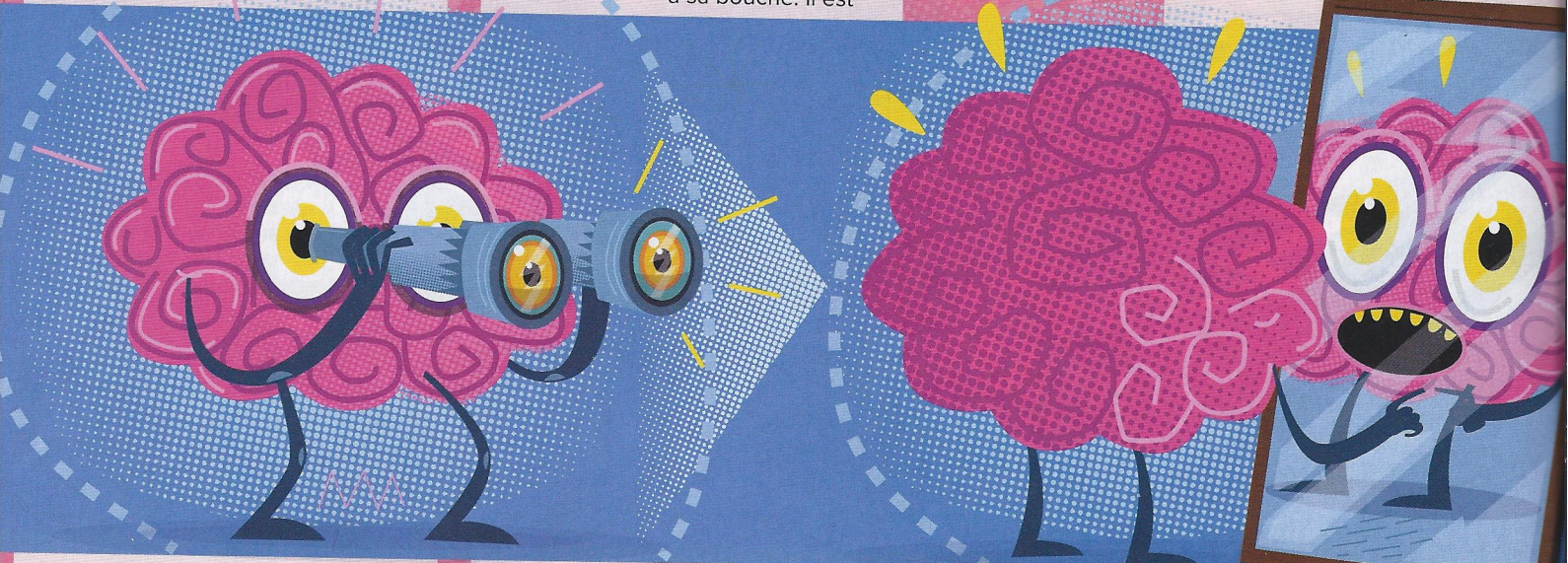
L'homme est peut-être l'animal le plus intelligent de la planète, mais à la naissance, ça ne saute pas aux yeux : à part téter sa mère et pleurer, il ne sait pas faire grand-chose. Et pour cause, son cerveau est loin d'être achevé. Tous les neurones sont là, mais il reste encore à les faire bosser ensemble. C'est entre 0 et 12 ans environ que se construisent les milliers de milliards de connexions qui nous permettront de parler, de

dendrites (pour recevoir des infos) et terminaisons axonales (pour en envoyer). Chaque neurone se branche ainsi à des copains – jusqu'à 10 000 ! Ces circuits sont d'abord très fragiles. Tant mieux, parce qu'ils s'établissent au hasard : dans un premier temps, ils ne sont là que pour offrir une multitude d'options au cerveau, qui n'aura plus qu'à sélectionner, parmi cette jungle, les circuits qui l'intéressent.

Imaginez un bébé qui tente de porter une cuillère à sa bouche. Il est

répétitions que ce « programme » se stabilise et que le geste devient automatique (*voir encadré ci-contre*).

De l'art d'enfiler ses chaussettes à la maîtrise des équations du 3^e degré, tous les programmes du cerveau se fabriquent ainsi. Ça en fait, des circuits de neurones, et notre ciboulot serait bien incapable de les peaufiner tous en même temps ! Aussi, les premiers mois, il



jouer de la guitare ou de résoudre des problèmes de physique.

Dès l'instant de la naissance, en effet, le cerveau laisse tomber le plan de construction suivi jusque-là : désormais, ce sont les expériences vécues par le bébé qui orientent les travaux. Car notre cervelle se construit en carburant : c'est à l'épreuve de la vie que des

connexions se forment entre neurones. Certaines vont disparaître, d'autres se renforcer. Pour commencer, il faut du câble : durant l'enfance, nos neurones continuent à produire à la pelle

UN SEUL NEURONE PEUT SE BRANCHER À 10 000 AUTRES !

d'abord très maladroit. Logique, le cerveau teste des tas de « circuits de neurones » disponibles pour commander cette action. La plupart aboutissent à de la purée sur le bavoir, le nez ou la joue. Efficacité :

zéro ! À chaque fois, le cerveau prend note et teste un autre circuit, encore et encore, jusqu'à ce qu'il tombe

sur un chemin satisfaisant : droit dans la bouche, la purée ! Désormais, à chaque coup de cuillère, il utilise plutôt ce circuit et l'affine, débranchant une connexion ici, en ajoutant une là... Et ce n'est qu'après de nombreuses

se concentrer sur les sens (vue, ouïe, toucher...). Puis il se consacre aux zones contrôlant les mouvements et le langage. Enfin, une fois acquis cet outil typiquement humain qui permet de manipuler des concepts abstraits (les maths ou la conscience de soi, par exemple), il s'attelle à la zone frontale.

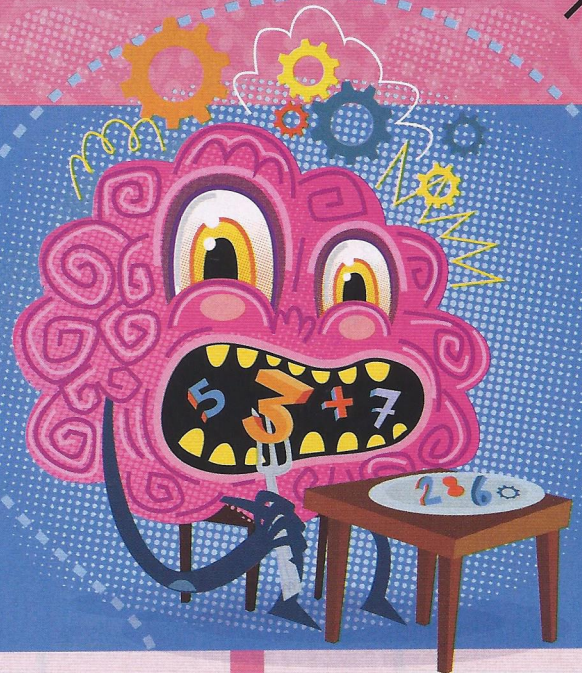
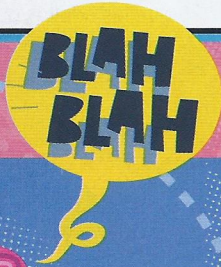
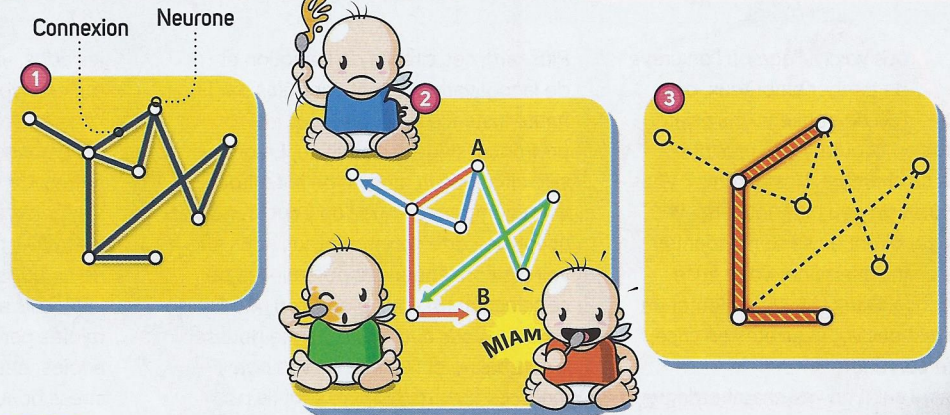
Bien plus étendue et bien plus connectée chez l'homme que chez les autres animaux, même nos cousins les chimpanzés, c'est le siège de l'intelligence. C'est elle qui nous permet de raisonner, de nous projeter dans le passé ou le futur, donc de planifier nos actions. Cette organisation du chantier cérébral est efficace, mais elle a une triste conséquence : lorsque les

ZOOM

La **myéline** est une substance qui forme une gaine isolante autour des multiples bras des neurones. Elle permet d'accélérer la vitesse des messages qui y transitent sous forme d'impulsions électriques.

COMMENT CRÉER ET CONSOLIDER UN CIRCUIT DE NEURONES

1. À la naissance, nos neurones se branchent les uns aux autres un peu au hasard. Notre cerveau va tester ces circuits, et sélectionner ceux qui fonctionnent.
2. Voici un bébé qui apprend à manger. Le premier circuit testé pour porter la cuillère à la bouche n'est pas performant : la purée finit par terre (*circuit bleu*). Le cerveau teste un autre circuit qui amène la cuillère près de la bouche (*en vert*). Mais une fois sur deux, la purée finit sur la joue ! Le cerveau continue à tester et peaufiner ce circuit jusqu'à trouver le « chemin » parfait (*de A à B, en orange*).
3. Au fil des années, le cerveau fait le ménage dans tous ses réseaux de neurones. Il élimine les circuits inutiles ou peu efficaces. Et améliore le meilleur en le dotant d'une gaine (*rayures jaunes et oranges*) qui accélère les messages.



Tous ces axones neuronaux sont entourés d'une gaine de myéline (*en vert*). Bien protégé, l'influx nerveux y circule à 360 km/h !

travaux sont terminés dans une zone, il est difficile d'y revenir. Par exemple, un enfant qui n'est pas exposé au langage durant la première année de sa vie (quand se construisent les programmes permettant de reconnaître et traiter les « sons » d'un langage donné) aura beaucoup de mal, ensuite, à apprendre à parler correctement. Même s'il travaille comme un fou. En effet, le cerveau, en bon ouvrier, fait le ménage avant de quitter un chantier. Les circuits inefficaces ou pas utilisés du tout (dans ce cas, ceux du langage) sont éliminés au cours d'un processus qu'on appelle l'élagage. Les autres, ceux qui ont été éprouvés et qui se sont révélés utiles, sont améliorés. Les axones des plus gros circuits s'entourent d'une gaine de **>myéline<**,

qui augmente considérablement la vitesse de circulation des messages dans les réseaux : elle passe de 3 à 100 m/s ! C'est comme si, d'un seul coup, on passait au haut débit ! L'intérêt de l'élagage ? Le cerveau devient bien plus efficace : les informations ne se perdent plus dans des chemins tordus, elles prennent l'autoroute. Le revers de la médaille, c'est que notre ciboulot n'est plus aussi malléable. Même s'il est encore possible d'apprendre, créer un nouveau « programme » devient très compliqué. D'où l'importance d'être stimulé pendant l'enfance et de goûter à des activités variées. Cela permet de créer un grand nombre de programmes différents. Plus tard, il est trop tard...

De 12 à 25 ans à fond, à fond!

Vous voici à l'âge où l'on crève de tomber amoureux, où l'on ne pense qu'à s'éclater entre potes ou écouter de la musique à fond dans sa chambre. Vos parents? Vous vous disputez un peu plus souvent avec eux. Et ils soupirent en se demandant quand va enfin se terminer votre crise d'adolescence. Dites-leur de patienter un peu. Ce n'est pas vous qui êtes en crise, mais votre cerveau!

Dès 12 ans, il subit un vrai chambardement. La puberté le noie sous un flot d'hormones sexuelles, qui donnent envie de «sauter» sur les gars (ou les filles) qui nous plaisent. Et puis, la zone chargée de gérer les

Plus tard, ces circuits de l'émotion et de la motivation seront contrôlés par la haute instance du cerveau, le **>cortex<** préfrontal, siège de la raison. En gros, si le circuit de la motivation fait miroiter la «récompense» que l'on peut tirer d'une action, le cortex préfrontal, lui, nous fait voir les conséquences potentielles de cette action : si vous plongez d'une falaise de 10 m, vous aurez une bonne poussée d'adrénaline et l'estime de vos potes – mais ces gros rochers ne sont-ils pas un peu trop près de votre point de chute? En gros, le cortex préfrontal nous aide à prendre les bonnes décisions, celles qui ne nous causeront pas de tort

les ados, une région du cortex préfrontal qui est hyperactive, beaucoup plus qu'à l'âge adulte : elle permet de décrypter les émotions et les intentions des autres. Ce qui veut dire que le cerveau s'enquiert en permanence de ce que les autres feraient à notre place et de ce qu'ils vont penser de nous. Lorsqu'ils se sentent trahis ou rejetés par un des leurs, les adolescents présentent un stress beaucoup plus élevé que les adultes ou les enfants. C'est probablement cette hantise du rejet qui

FAIRE LE PLEIN D'EXPÉRIENCES D'ABORD, LA RAISON ATTENDRA...

émotions est enfin mature et carbure à fond la caisse. Résultat, on ressent chaque chose plus intensément que pendant l'enfance. On est toujours «trop» : trop heureux, trop en colère ou trop triste... D'où les sautes d'humeur, courantes à cet âge. Le circuit de la motivation est lui aussi à bloc. Il nous pousse à explorer, à découvrir de nouvelles activités, de nouvelles sensations, en nous faisant miroiter le plaisir que l'on pourrait en tirer. Contrairement à ce que croient les parents, à l'adolescence, on est hypermotivé. Mais motivé pour tout : pour devenir un pro de la guitare et un as de la physique quantique, pour épater ses potes en scooter et pour séduire l'élu(e) de son cœur.

ou qui nous seront profitables. Le problème, c'est qu'à l'adolescence, cette zone est en chantier : c'est la dernière que le cerveau fignote. Face aux circuits des émotions et des pulsions à plein régime, le cortex préfrontal est incapable de faire entendre sa voix! Bref, ado, on est plus gouverné par ses pulsions que par la raison. C'est cela qui conduit parfois les jeunes à prendre des risques inconsidérés. Surtout en présence des copains, parce qu'à cet âge, l'opinion des autres, c'est essentiel – encore un coup de notre cerveau! Les chercheurs ont en effet remarqué, chez

fait que les jeunes ont tendance à faire plus de «bêtises», ou au moins à prendre plus de risques, quand ils sont en groupe. Une fille de 13 ans à qui l'on offre une cigarette ignorera facilement le risque que cela représente pour sa santé, parce que ce risque lui semble minime face à celui d'être exclue du groupe... Ce cerveau sens dessus-dessous présente toutefois un grand avantage. Toute cette impulsivité mal contrôlée nous donne le courage de sortir du cocon familial, nous fait tester nos limites, éprouver notre tempérament... Et toutes ces expériences, bonnes ou mauvaises, sont le terreau sur lequel se bâtit notre

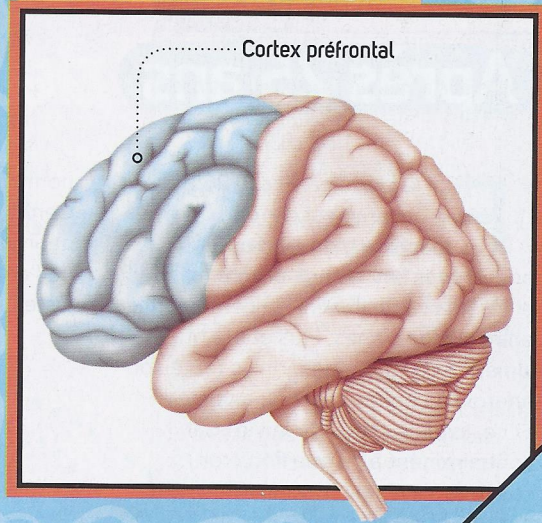


ZOOM

Le **cortex** désigne la couche superficielle du cerveau (la « matière grise »), impliquée dans les fonctions cérébrales dites « supérieures », notamment la conscience et le langage.

cortex préfrontal. Il n'est pas en position de commander ? Qu'à cela ne tienne : il tire des leçons de toutes ces expériences. Plus tard, lorsqu'il commandera, il utilisera ces épisodes passés, les réussites comme les échecs, pour prendre des décisions. Et il prend son temps pour en accumuler, des expériences : ce n'est que vers 25-27 ans qu'il achèvera sa maturation et prendra enfin la tête du cerveau. Ce qui vous laisse donc encore un peu de temps pour faire des « folies » !

LE SIÈGE DE LA RAISON



SOPHIE JACOPIN POUR SVJ

L'INFLUENCE DU CORTEX PRÉFRONTAL



1. Depuis qu'il est inondé d'hormone sexuelles, le cerveau de Maël (14 ans) n'est plus le même. Dès qu'il voit Garance, son circuit de la motivation ne cesse de lui suggérer de l'embrasser.



2. Normalement, son cortex préfrontal, siège de la raison, devrait le freiner. Mais à l'adolescence, cette zone est en travaux ! Submergé par ses pulsions, Maël va un peu vite en besogne. Résultat : une



bonne claque de Garance, le voilà blacklisté à vie !
3. Maël est devenu adulte. Lorsqu'il croise une belle femme, son circuit de la motivation est toujours submergé de désir. Mais le cortex préfrontal a pris les commandes. D'abord, il coupe un peu le caquet au circuit de la motivation. Ensuite, en se basant sur les expériences passées, il trouve une solution plus élégante... et plus efficace !

ANTOINE LEVESQUE POUR SVJ

Après 25 ans de l'âge d'or au déclin

Fini le chantier! Passé 25 ans, le cerveau est devenu une machine bien huilée : il a bouclé tous ses grands programmes et les messages fusent en permanence entre ses neurones. Plus affûté que jamais, il consacre désormais toute son énergie à cogiter, créer ou inventer. Et ce, jusqu'au bout de la vie! Car contrairement à ce que l'on croit souvent, s'il n'est pas touché par une maladie ou un accident, notre ciboulot va continuer à carburer

normalement jusqu'à notre mort. Certes, il commence à perdre des neurones à partir de 65 ans, mais cela ne l'empêchera pas de penser. Il le fera juste un peu moins vite...

IL APPREND MOINS, MAIS IL SAIT DÉJÀ TOUT FAIRE!

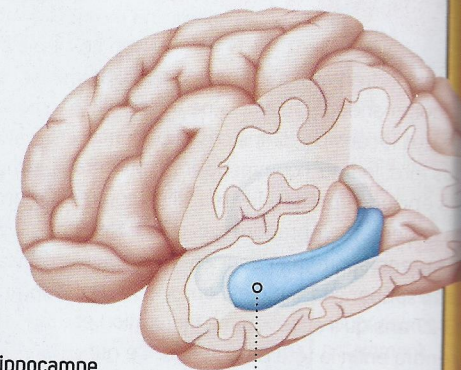


ICI, ON FAIT DES NEURONES TOUTE LA VIE!

1 L'âge adulte : de 25 à 65 ans

Et si l'âge d'or du cerveau, ce n'était pas l'enfance, mais l'âge adulte? Maintenant que son cortex préfrontal est aux commandes, il ne se laisse plus submerger par les émotions et ses pulsions : la machine à penser est devenue plus performante que jamais. Certes, la période où il pouvait absorber de nouveaux savoir-faire comme une éponge est révolue. Mais ce n'est pas pour cela qu'il n'apprend plus. S'il ne peut plus créer de nouveaux

programmes, il peut encore affiner ceux qui existent (par exemple, en apprenant une deuxième langue). Et on a même découvert qu'il fabriquait encore des neurones dans l'hippocampe, la région spécialisée dans la formation des souvenirs. Alors c'est vrai, au fil des ans, il deviendra de moins en moins doué pour emmagasiner des choses nouvelles. Mais qu'importe, puisqu'il aura déjà accumulé une encyclopédie de connaissances et d'expériences!



Hippocampe (formation des souvenirs)

SOPHIE JACOPIN POUR SVJ

La maladie d'Alzheimer, dévoreuse de neurones

Elle fait mourir les neurones à vitesse grand V dans notre hippocampe (zone capitale pour la mémorisation). La maladie d'Alzheimer frappe le plus souvent vers 70-80 ans. Ses victimes voient non seulement leurs souvenirs effacés, mais ils deviennent incapables d'en produire d'autres. Au bout de quelques années, ils ne savent plus qui ils sont, où ils sont, ne reconnaissent plus leurs proches et ne se souviennent plus de ce qu'ils ont fait dans l'heure précédente. Et cela a des répercussions sur

l'ensemble du cerveau, puisque les souvenirs anciens et récents sont le socle de notre intelligence. On en a besoin pour prendre des décisions, planifier, réfléchir, établir des relations avec les autres. Parfois, la maladie touche aussi les aires du langage et celles qui gouvernent les mouvements. Les personnes atteintes perdent alors totalement le contrôle de leur comportement et meurent quelques années après l'apparition des premiers symptômes.

2 Le vieillissement:

après 65 ans

Vous pensiez qu'avec l'âge notre cerveau perdait ses neurones à la pelle, nous condamnant petit à petit à devenir zinzin ? Pas du tout ! S'il n'est pas touché par une maladie (voir encadrés ci-contre et ci-dessous), il carbure jusqu'à la fin de notre vie. À partir de 65 ans, il perd des neurones et des connexions, mais pas dans des proportions dramatiques : 2% tous les dix ans. Non, le vrai changement, c'est que les messages circulent plus lentement dans ses réseaux.

En vieillissant, on peine à se concentrer et on a parfois du mal à retrouver ses souvenirs. Mais ce n'est pas pour cela qu'ils disparaissent ! Au contraire, notre mémoire reste stable jusqu'à la fin de la vie. La preuve, souvent il suffit juste de donner un indice, le nom que votre mémé cherchait, pour que le souvenir complet ressurgisse !

Après, selon les individus, le vieillissement se fait ressentir plus ou moins tôt, plus ou moins fort.

Mais ce qui est génial, c'est qu'on a tous le pouvoir d'écrire le scénario de cette dernière partie de notre vie. C'est prouvé : plus notre cerveau a été stimulé pendant l'enfance et continue de l'être durant l'âge adulte, même après la retraite, plus les effets du vieillissement et les risques de maladies cérébrales sont retardés. Car oui, notre cerveau est le seul engin qui s'use si on ne s'en sert pas !



REMERCIEMENTS À BERNARD SABLONNIÈRE, YEHEZKEL BEN-ARI, FRANCIS EUSTACHE ET DAVID CALVET (INSERM); SERGE LAROCHE (CNRS); SYLVIE JORIOT (CHRU DE LILLE); ET KATHRYN L. MILLS (INSTITUT DES NEUROSCIENCES COGNITIVES DE LONDRES).

L'AVC, tueur de cerveau

Alors qu'il ne représente que 2% du poids de notre corps, le cerveau dépense 20% de son énergie. Gros consommateurs d'oxygène et de nutriments, ses neurones ne peuvent pas faire des réserves. Ils doivent être approvisionnés en continu, ce qui explique la multitude des vaisseaux sanguins cérébraux (photo ci-contre). Et si un bouchon ou une brèche se produit au niveau d'une des artères du cerveau, c'est la cata ! Quand un tel accident vasculaire cérébral (AVC) survient, les neurones qui ne sont plus fournis en sang meurent instantanément. Puis, si rien n'est fait, ceux situés en périphérie de l'accident sont asphyxiés à leur tour. Un AVC

peut passer inaperçu s'il touche un petit vaisseau desservant une zone non essentielle. Mais s'il détruit une grosse partie de l'aire du langage ou d'une aire motrice, la victime peut être handicapée à vie. Et, dans 10% des cas, l'AVC tue : cela arrive s'il se produit dans la carotide interne (qui alimente presque la moitié du cerveau) ou dans une zone très sensible, comme le tronc cérébral qui héberge les neurones commandant la respiration ou les battements du cœur. Là, même si l'AVC touche un minuscule vaisseau, irriguant une zone grosse comme la dernière phalange de votre petit doigt, c'est la mort assurée. ▀



Une forêt de vaisseaux sanguins irrigue le cerveau. Elle fournit de l'oxygène aux neurones en permanence.