

plus importantes de « matière blanche ». Celle-ci est formée de faisceaux d'axones, les longs prolongements des neurones qui conduisent les signaux sortants. L'adjectif « blanche » vient d'une substance grasse appelée myéline, qui entoure et isole les axones. La myélinisation (la formation de cette gaine de graisse) se produit de l'enfance jusqu'à l'âge adulte et accélère notablement la conduction des influx nerveux entre les neurones. Quand les axones sont enveloppés de myéline, ils transmettent des signaux jusqu'à 100 fois plus vite.

La myélinisation accélère le traitement des informations par le cerveau d'une seconde façon : elle aide les axones à récupérer rapidement après la transmission d'un message, de sorte qu'ils sont prêts plus tôt à relayer les suivants. Cette plus courte durée de récupération multiplie par 30 la fréquence à laquelle un neurone transmet des informations. L'accélération combinée de la transmission et de la récupération augmente d'un facteur 3 000 la puissance du cerveau entre l'enfance et l'âge adulte et autorise la création de vastes réseaux entre les différentes régions cérébrales.

Des études récentes ont révélé un autre rôle, plus subtil, de la myéline. Les neurones reçoivent de multiples influx des autres cellules nerveuses, mais ils ne s'allument pour transmettre eux-mêmes un message que si la somme de ces influx est supérieure à un certain seuil. Or les influx entrants ne s'additionnent que s'ils parviennent au neurone dans un intervalle de temps rapproché. Pour que des influx en provenance de neurones proches et éloignés arrivent presque simultanément, la vitesse de transmission doit donc être parfaitement réglée dans chaque axone et les chercheurs ont découvert que la myéline intervient activement dans cet ajustement fin.

L'activation d'un neurone déclenche une série de modifications moléculaires, qui renforcent ses connexions (ou synapses) avec les neurones recevant l'influx émis. Ce renforcement des connexions forme la base de l'apprentissage. Le rôle de la myéline est donc essentiel pour de multiples raisons. Grâce à son développement rapide, les

différentes parties du cerveau interagissent et se coordonnent de plus en plus lorsque des enfants deviennent adolescents, et ce dans une grande variété de tâches cognitives.

Les neuroscientifiques savent maintenant mesurer cette connectivité changeante grâce à la théorie des graphes, une branche des mathématiques où l'on quantifie les relations entre les « nœuds » et les « arêtes » d'un réseau. Un nœud peut être n'importe quelle entité détectable : un neurone, une structure cérébrale (telle que

modifications du comportement et de la cognition. Une telle évolution n'a pas lieu qu'à l'adolescence : nombre des circuits cérébraux se développent dans l'utérus et continuent à se transformer pendant toute la vie. Toutefois, chez l'adolescent, la connectivité augmente de façon spectaculaire entre les régions cérébrales intervenant dans le jugement, la sociabilité et la planification à long terme – des capacités qui auront une influence profonde sur le reste de sa vie.

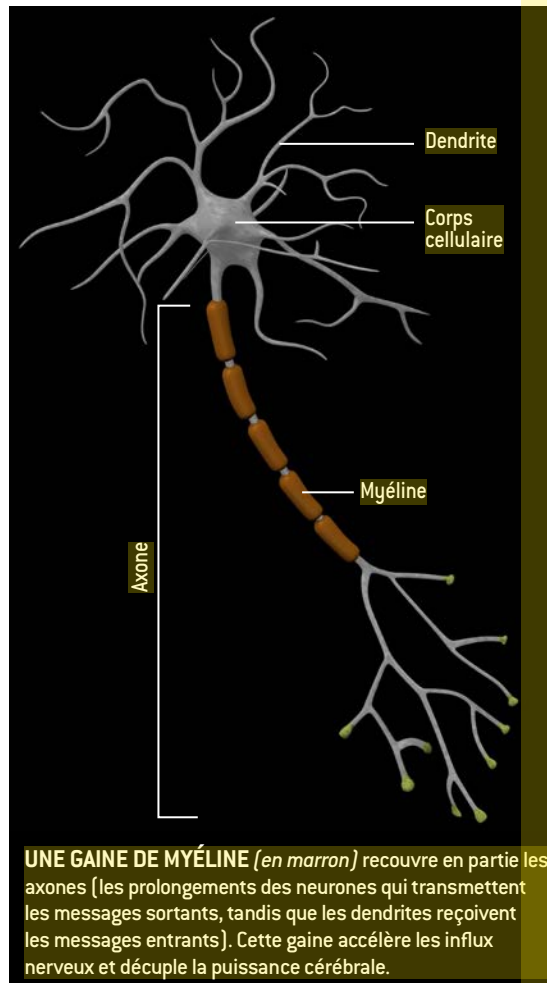
Pendant que les axones des adolescents se gaignent de myéline, une autre modification a lieu. Comme le David de Michel-Ange émergeant d'un bloc de marbre, le cerveau adulte résulte d'un processus de sculpture, au cours duquel les connexions non utilisées ou mal adaptées sont supprimées. Celles qui servent souvent, en revanche, sont renforcées. Le cerveau acquiert ainsi de nouvelles capacités cognitives, grâce auxquelles il s'adapte aux exigences de son environnement.

Un vaste élagage cérébral

À l'adolescence, la balance penche du côté de l'élimination. Lorsque des connexions inutilisées disparaissent, la quantité de matière grise diminue. Cette dernière est principalement constituée de structures non myélinisées, telles que les corps cellulaires des neurones, les dendrites (des projections en forme d'antennes, qui partent des corps cellulaires et reçoivent des informations d'autres neurones) et certains axones. Globalement, la quantité de matière grise augmente pendant l'enfance, atteint un

maximum vers l'âge de 10 ans puis baisse durant l'adolescence. Elle se stabilise à l'âge adulte, puis diminue à nouveau lors de la sénescence. À la surface des neurones, une évolution similaire se produit pour la densité de récepteurs activés par des neurotransmetteurs (des composés tels que la dopamine, la sérotonine et le glutamate, qui modulent la communication entre les cellules cérébrales).

Bien que la quantité globale de matière grise culmine aux alentours de la puberté, les



l'hippocampe), une région plus grande (par exemple le cortex préfrontal)... Une arête est une connexion entre des nœuds. Il peut s'agir d'un lien physique, telle qu'une synapse entre deux neurones, ou d'une corrélation statistique, par exemple lorsque deux parties du cerveau s'activent de façon similaire au cours d'une tâche cognitive.

La théorie des graphes nous a aidés à déterminer comment différentes régions cérébrales se développent et s'interconnectent, puis à établir le lien avec les



© Shutterstock.com/pix3

LE GOÛT DU RISQUE ET DE LA NOUVEAUTÉ est manifeste à l'adolescence. Présent chez tous les mammifères sociaux, il aurait été sélectionné par l'évolution pour encourager les adolescents à quitter la sécurité de leur famille, favorisant ainsi le brassage génétique.

Deux à trois fois plus de
décès
et de maladies graves
surviennent à l'adolescence,
par rapport à l'enfance.

différentes aires cérébrales se développent à des rythmes variés. La quantité de matière grise atteint son niveau maximal d'abord dans les aires dites sensorimotrices primaires, qui assurent la perception et les réponses aux cinq sens : la vue, l'ouïe, l'odorat, le goût et le toucher. Elle plafonne en dernier dans le cortex préfrontal, essentiel pour les « fonctions exécutives ». Cette expression englobe des capacités très diverses, telles que la prise de décision, la planification ou la régulation des émotions.

Une autre fonction importante du cortex préfrontal est la prévision des conséquences potentielles des actes que nous envisageons, grâce à une projection mentale dans le temps. Nous procédons ainsi à des simulations plutôt que de nous soumettre à une réalité potentiellement dangereuse. Comme l'a exprimé le philosophe Karl Popper, au lieu de nous mettre en danger, « nos théories meurent à notre place ».

Au fil de la maturation cognitive, nos fonctions exécutives nous poussent aussi à préférer des récompenses importantes et différées à des gains immédiats, mais plus faibles. Le cortex préfrontal est également essentiel pour la cognition sociale,

c'est-à-dire la capacité à gérer des relations complexes, à distinguer les amis des ennemis, à trouver une protection au sein de groupes et à s'engager dans la principale quête de l'adolescence : séduire un ou une partenaire.

L'adolescence est donc marquée par des modifications de la matière grise et de la matière blanche, qui transforment les réseaux cérébraux. Les fonctions du cortex préfrontal ne sont pas absentes pendant cette période ; elles n'ont juste pas encore atteint leur efficacité maximale. Comme elles ne seront pas pleinement matures avant l'âge de 20 ans, les adolescents peinent parfois à contrôler leurs impulsions ou à évaluer les risques et les récompenses.

Les émotions en avance sur la raison

Contrairement au cortex préfrontal, le système limbique atteint vite un stade de développement avancé après la puberté, qui commence en général entre 10 et 12 ans. Ce système engendre les émotions et les sentiments de récompense. Il collabore également avec le cortex préfrontal pour favoriser la recherche de nouveauté, la prise de risques et l'intérêt pour ses semblables pendant l'adolescence.

Ces comportements, profondément enracinés dans la biologie, existent chez tous les mammifères sociaux. Ils encouragent les adolescents à quitter le confort et la sécurité de leur famille pour explorer de nouveaux environnements et nouer des relations extérieures. Ainsi, ils diminuent la probabilité de consanguinité, ce qui crée une population génétiquement plus saine. Mais ils peuvent aussi se révéler dangereux, en particulier lorsqu'ils se concrétisent par certaines pratiques modernes, telles que la consommation de drogues ou la conduite de bolides. Le système limbique exerçant un fort pouvoir d'incitation alors que le contrôle préfrontal n'est pas encore aussi performant qu'à l'âge adulte, l'émotion risque de primer sur la rationalité pendant la décennie que dure l'adolescence.

Quand cette période se termine-t-elle ? Définie comme la transition entre l'enfance et l'âge adulte, elle a un début biologiquement marqué – la puberté –, mais une fin plus floue, déterminée par une construction sociale. Ainsi, on caractérise souvent l'âge adulte par des événements tels que le mariage, l'arrivée d'un enfant