



NATIONAL  
GEOGRAPHIC

HORS-SÉRIE  
SEPTEMBRE-OCTOBRE 2015

# Votre corps en 100 questions étonnantes

**Booster ses performances**  
**Rester en bonne santé**  
**Les dernières découvertes**

BEL : 7,20 € - CH : 13 CHF - CAN : 14 CAD - LUX : 7,20 € - DOM Avion : 11 € - Bateau : 7,20 € - Zone CFP Bateau : 1 100 XPF



GRUPE PRISMA MEDIA



" LE CANCER, ÇA NE DEVRAIT PAS  
RIMER AVEC ENFANT "

*Chris*

Aidez la recherche contre  
le cancer des enfants !

[www.imagineformargo.org](http://www.imagineformargo.org)

IMAGINE  
FOR Margo  
Children without CANCER



## ÉDITO

**A**vec 206 os, plus de 600 muscles, des milliers de milliards de cellules, le corps humain est réglé pour nous permettre de parler, de nous mouvoir et de nous alimenter.

Pourtant, l'anatomie humaine est longtemps restée une terre inconnue, à l'origine de surprenantes croyances. Avant le XVIII<sup>e</sup> siècle, les médecins considéraient encore la femme comme un homme incomplet qui avait gardé son appareil reproducteur à l'intérieur du corps, tandis que celui des « vrais » hommes était situé à l'extérieur. Jusqu'au jour où ils compriront que les organes de reproduction féminins étaient en réalité beaucoup plus complexes que leurs équivalents masculins.

Aujourd'hui, la dernière génération de scanners fournit des images du corps dans ses moindres détails, et on peut reconstituer, grâce aux imprimantes 3D, les os détruits des malades du cancer. Les nouvelles technologies permettent d'améliorer, de soigner, voire d'« augmenter » le corps humain. Et, pour les partisans du transhumanisme, nous deviendrons immortels, grâce à la science et à la technique.

Dans ce nouvel hors-série, vous découvrirez les mystères de l'incroyable machine humaine, du pouvoir du cerveau au rôle de la peau et aux raisons du vieillissement. Mais vous y apprendrez aussi que l'homme et la banane possèdent 50 % de gènes en commun. Une info qui devrait pondérer tout désir d'immortalité !

Catherine Ritchie



**Une machine géniale**  
Le corps humain : une charpente articulée recouverte d'un tissu protecteur, protégeant des centres d'énergie et un système de défense sophistiqué...



## SOMMAIRE

### **10** Les os, les muscles et la peau

Ils structurent le corps, permettent son mouvement et le protègent. Ils constituent à eux trois la moitié de notre poids, et savent se reconstituer pour surmonter les blessures.

### **36** Les systèmes nerveux et endocrinien

Le corps expérimente, comprend et répond à tout ce qui l'entoure grâce au cerveau, aux nerfs et aux hormones.

### **64** Comment le corps se nourrit et se défend

Les systèmes digestif, circulatoire et respiratoire travaillent sans relâche à absorber et consommer de l'énergie, quand le système immunitaire s'emploie à protéger l'ensemble.

### **96** Les secrets de nos cellules

La transformation du corps tout au long de notre existence recèle de nombreux mystères pour les scientifiques, qui espèrent résoudre les secrets de la vie et de la mort.

# 1

Le saviez-vous ?  
La peau  
représente  
15% du poids  
du corps.



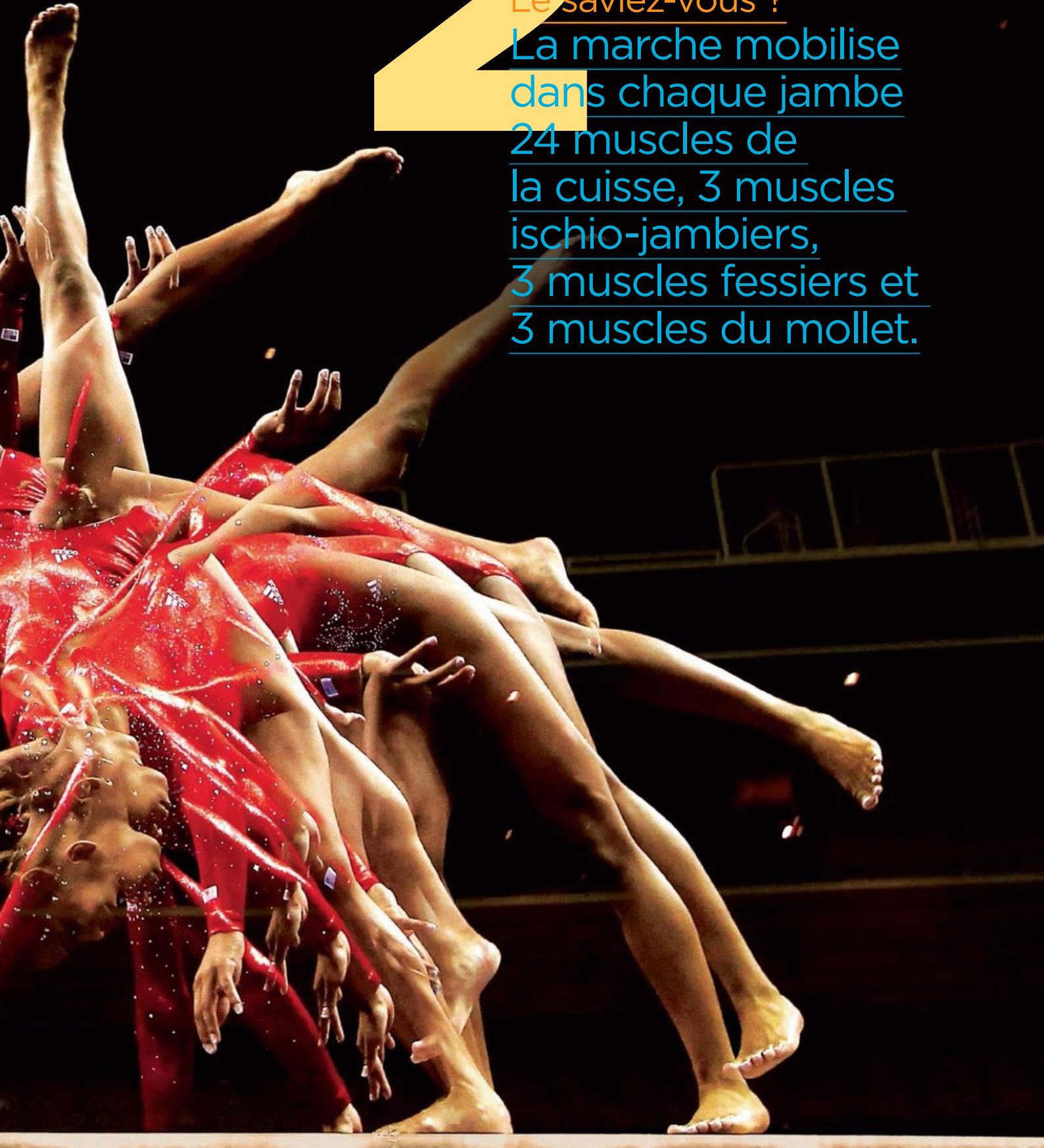
#### Œuvre d'art

Sur la poutre, la gymnaste américaine Kennedy Baker exécute des prouesses que seuls l'entraînement du corps et la maîtrise de l'esprit permettent.

# 2

Le saviez-vous ?

La marche mobilise dans chaque jambe  
24 muscles de la cuisse, 3 muscles ischio-jambiers,  
3 muscles fessiers et  
3 muscles du mollet.



#### Vision intérieure

Le sang humain est une soupe chaude de plasma et d'éléments dits figurés : globules blancs, globules rouges et plaquettes.



3

Le saviez-vous ?  
En un jour,  
le sang parcourt  
19 000 km.

# Le saviez-vous ?

4

La chirurgie du cerveau était déjà pratiquée il y a 5000 ans.

5

Le système reproducteur est le seul système dormant les premières années de la vie.

6

Le cerveau est l'organe le plus dodu de votre corps, avec 60 % de graisse.

7

Chaque nuit, la vapeur d'eau que vous exhalez vous fait perdre un peu de poids.

8

Vos cheveux poussent en moyenne de 0,35 mm chaque jour.

9

Votre empreinte digitale n'est pas seule à vous identifier. L'empreinte de votre langue est, elle aussi, unique.

10

Un capillaire est juste assez large pour laisser passer les cellules les unes derrière les autres, en file indienne.

Le plus petit muscle du squelette, le **stapédiens**, à l'intérieur de l'oreille, mesure 1 mm de long.

11

12

Le génome des humains du monde entier est identique à 99,99 %.

13

Les humains ne détectent pas les sons inférieurs à 10 décibels (le bruit du moustique); les chiens les perçoivent à - 4 décibels.

**La beauté du geste**

La visualisation de ce squelette masculin montre l'extrême souplesse du corps, due à ses multiples articulations et aux ligaments qui les relient.





## CHAPITRE 1

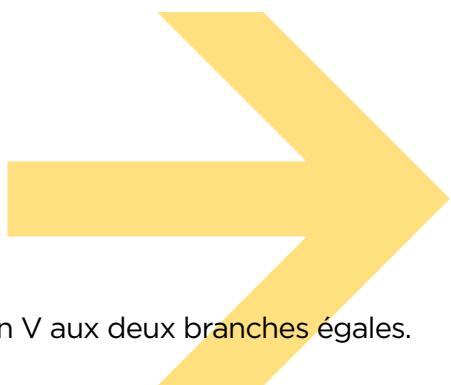
# Les os, les muscles et la peau

Le corps, composé pour plus de la moitié d'eau, se dissoudrait en une flaque de substances chimiques sans la charpente qui le contient, le maintient et le met en mouvements. Son code génétique et son métabolisme essentiel sont fixés dans les cellules – les composantes qui, empilées les unes sur les autres, forment les tissus, les organes et les systèmes corporels. Les cellules s'associent aux os qui protègent le corps et le modèlent; aux muscles qui activent ces os; et à la peau, aux poils et aux ongles qui forment une barrière défensive étonnamment solide.

Les os, les muscles et la peau constituent la moitié de notre poids et reçoivent au cours d'une vie leur lot de coupures, de fractures et de larmes. Fort heureusement, ils savent très bien se guérir et se reconstituer pour permettre au corps de continuer d'avancer. De fait, leur utilisation continue sous la forme d'exercices augmente et renforce les os et les muscles, facilitant l'adaptation de notre corps aux stress quotidiens de la vie.

# Expérience

## Mouvement musculaire Le fil de fer ambulant



### Étape n° 1.

Dépliez un trombone. Courbez-le en un V aux deux branches égales.

### Étape n° 2.

Placez le trombone sur la lame d'un couteau, et tenez-les au-dessus d'une table, en veillant à ce que les extrémités du trombone la touchent à peine. Votre main ou votre bras ne repose sur aucun support.

### Étape n° 3.

Tentez de maintenir le trombone immobile au-dessus de la table.  
Y arrivez-vous ?

**Maintenant, tournez la page.**





#### Mouvement dans l'immobilité

Même si vous atteignez le calme intérieur, vos muscles sont soumis à un mouvement permanent qui les contracte et les relâche fibre après fibre.

# Que s'est-il passé



Le trombone ne reste pas sur la lame. Pourquoi ?

Vos bras ont beau vous paraître durs comme la pierre, vos muscles sont toujours animés. Les fibres à l'intérieur d'un muscle se regroupent en unités motrices dont chacune est soumise au contrôle d'une unique cellule nerveuse. À tout instant, des unités motrices se contractent, tandis que d'autres se relâchent. Ceci empêche l'épuisement musculaire général, mais génère de minuscules tremblements dus à la compression et au relâchement des fibres. Le bras et la main que vous tendez ne sont jamais parfaitement immobiles.

La lame tressaute imperceptiblement au rythme des contractions. Pour obtenir une stabilité maximale, relâchez vos bras autant que possible.

# 14

Le saviez-vous ?

Les cellules musculaires créent plus d'énergie que nécessaire et elles la dépensent en chaleur.



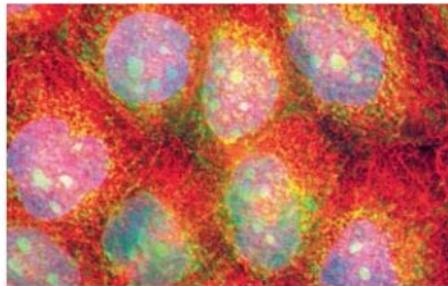
#### Une usine organique

Dans une cellule type (ici en coupe transversale), les organelles, par exemple le noyau et la mitochondrie ovale, s'unissent pour réaliser une série de tâches spécialisées.

# La cellule

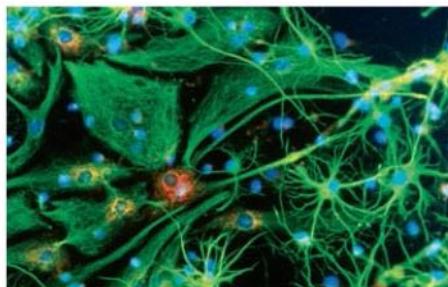
Le corps humain est un organisme multicellulaire actif et complexe. Pour comprendre ses fonctions, il faut déchiffrer ses cellules. Ces dernières sont le matériau de base du corps humain. Le corps adulte contient entre 50 000 et 100 000 milliards de cellules, réparties en environ 200 types spécialisés. Leur taille varie, du spermatozoïde de quelques micromètres à l'ovule de 100 micromètres de largeur – la grosseur du point final de cette phrase. (Les cellules nerveuses remportent la palme de la taille si l'on inclue l'axone, la partie de la cellule dirigeant les impulsions. Les neurones qui s'étirent le long de la colonne vertébrale jusqu'aux orteils mesurent presque un mètre de long.)

**Structures cellulaires** Les cellules humaines partagent toutes les mêmes structures et éléments fondamentaux. Elles sont constituées de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et de nitrogène. Chacune a une limite externe, la membrane du plasma. À l'intérieur, la cellule se divise en deux régions principales, le cytoplasme et le noyau. Le cytoplasme contient du fluide et abrite une variété d'organelles (« petits organes ») qui activent le métabolisme cellulaire. Le cytoplasme entoure aussi le noyau, le plus grand des organelles, à la fois centre de contrôle et berceau des chromosomes – structures en forme de bâtonnets qui portent les gènes et constituent le support de l'hérédité.



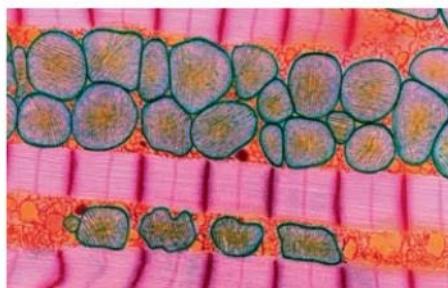
## Pancréas

Un micrographe des cellules du pancréas aux couleurs intensifiées révèle l'ADN (en bleu) et les mitochondries (en vert).



## Cerveau

Les cellules gliales, qui constituent le système de soutien du cerveau, nourrissent les neurones qui transmettent les messages.



## Cœur

Une coupe transversale des cellules musculaires du cœur révèle de grosses mitochondries serrées entre les fibres musculaires.

## Le saviez-vous ?

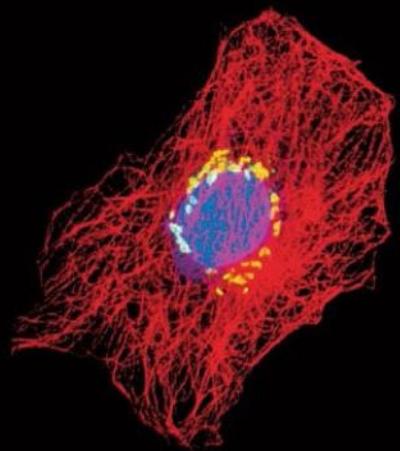
Le mot muscle vient du mot latin *musculus*, qui signifie « petite souris ».

# Diviser pour régner

Vous n'êtes pas aussi âgé que vous le pensez ! Les cellules, dans la plupart des tissus humains, meurent régulièrement et se renouvellent au même rythme. Les cellules neuves naissent pendant la mitose – le processus de division d'une cellule en deux cellules filles génétiquement identiques, au cours d'un ballet stupéfiant de chromosomes en forme de fils. D'après les scientifiques, les cellules vivent en moyenne moins de dix ans. Mais dans certaines parties du corps, par exemple les intestins laborieux tapissés de cellules, la durée de vie se compte en jours. Le foie se renouvelle intégralement à peu près tous les ans. Cependant, vous ne vous sentez pas toujours jeune, et ce pour plusieurs raisons. Par exemple, certaines cellules restent inchangées depuis la naissance. Ainsi des cellules du cortex – la partie pensante du

cerveau – et du cœur. Et les gènes au centre des cellules se détériorent au fil du temps : des mutations se transmettent aux cellules filles quand les gènes se copient durant la division cellulaire.

**Un début et une fin** Qu'est-ce qui pousse une cellule à se diviser ? Les biologistes ne le savent pas avec certitude. La taille est peut-être le déclencheur. Quand un certain rapport entre la surface et le volume de la cellule est atteint – quand elle engrasse –, des signaux chimiques peuvent précipiter sa division. Des cellules normales cessent aussi de se diviser dès qu'elles se frôlent. Les chercheurs espèrent d'autant plus déchiffrer les signaux qui déclenchent et enrangent la division cellulaire que les cellules cancéreuses ignorent notoirement ces signaux habituels. ☺



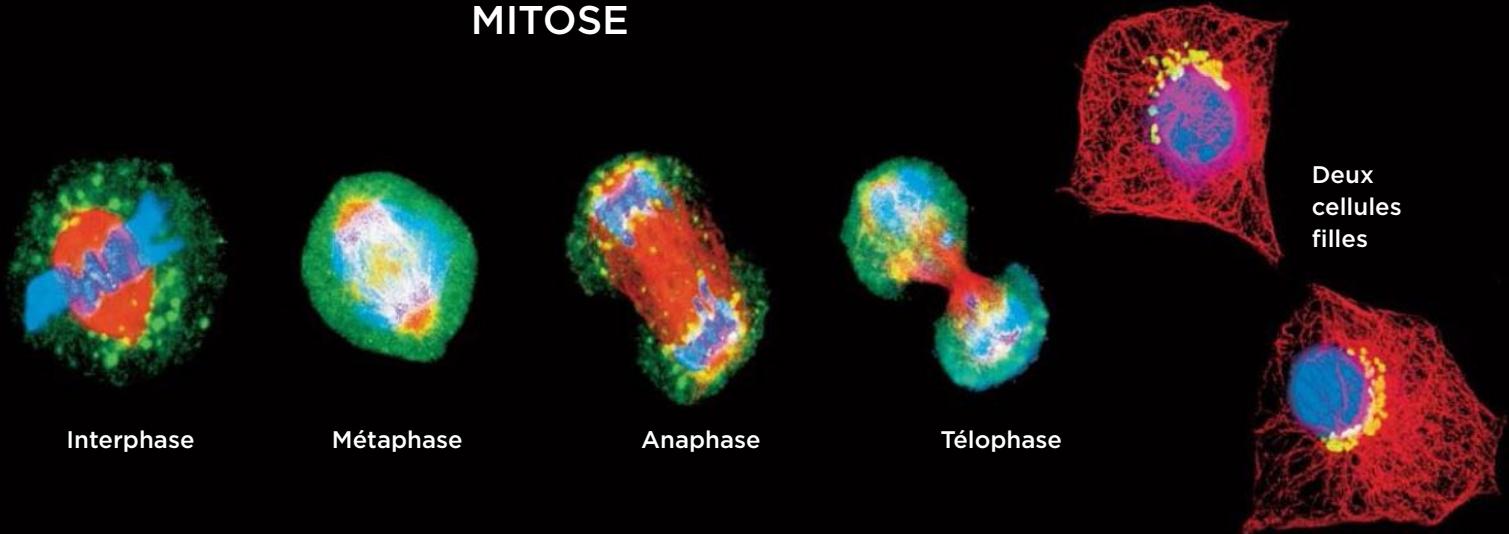
Cellule originale

16

Le saviez-vous ?

La mort programmée de la cellule, ou apoptose, élague les tissus inutiles, telles les palmatures entre les doigts d'un fœtus.

## MITOSE



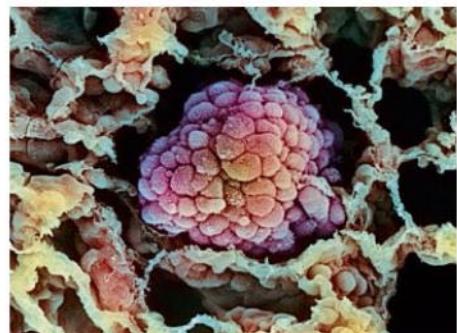
## Zoom santé

### Les cancers

Le cancer est une catégorie de maladie caractérisée par la croissance incontrôlée des cellules. Les cancers dominent dans les statistiques de la mortalité et pourraient être la « peste de notre époque », selon le chercheur Siddhartha Mukherjee.

Les cellules deviennent cancéreuses par suite de mutations, habituellement des lésions des gènes contrôlant la division et la croissance. Et dans la mesure où les lésions génétiques s'accumulent au fil du temps, les cancers deviennent beaucoup plus fréquents avec l'âge. Les facteurs héréditaires jouent un rôle, mais l'exposition aux carcinogènes, radiations ou fumée de cigarette, est également un facteur de mutations.

Les cellules cancéreuses (malignes) croissent dans des tissus anormaux appelés tumeurs, des masses qui peuvent se répandre dans de multiples parties du corps. Presque tous les types de cellules peuvent devenir cancéreux, mais la sévérité des cancers varie. Dans sa lutte contre la maladie, la médecine détient une panoplie d'armes, de la chirurgie à la chimiothérapie et aux rayons. Les recherches ciblent de plus en plus le processus moléculaire de chaque type de cancer, avec l'espoir de stopper la maladie à sa racine.





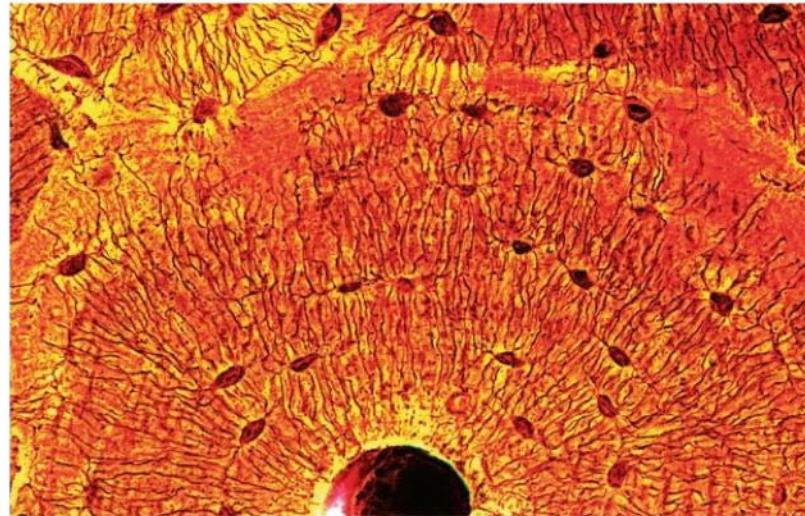
**Une bonne poigne**

Les 27 os de la main lui confèrent à la fois la vigueur et la souplesse de sa prise.

# Les OS

Le squelette est une structure puissante composée d'os, d'articulations, de cartilages et de ligaments. Il soutient le corps, le façonne et arrime ses muscles. Ses 206 os protègent les organes internes, fabriquent les cellules sanguines et emmagasinent des sels minéraux comme le calcium et le phosphore, nécessaires à la santé des os et à la fonction musculaire.

Le rôle protecteur du squelette est particulièrement évident avec les douze paires de côtes qui s'incurvent autour de la cage thoracique et abritent le cœur, les poumons et les organes de l'abdomen supérieur; la colonne vertébrale, qui défend la fragile moelle épinière; le pelvis qui soutient l'utérus et la vessie; et le crâne qui abrite le cerveau. La colonne vertébrale procure au corps une certaine souplesse. Elle nous permet aussi de nous tenir droit et de soutenir



nos têtes massives (le cerveau et le crâne pèsent environ 6,8 kg).

Bien que les os soient relativement légers – le squelette d'un adulte pèse environ 9 kg –, ils opposent aux pressions la résistance de la fonte. Quand on marche, par exemple, chaque pied frappant le sol exerce une pression d'environ trois fois le poids du corps. Les membres inférieurs d'un corps de 70 kg sont soumis à une violente pression de 210 kg.

## À l'intérieur de l'os

Dans cette coupe transversale d'un os compact, les ostéocyles (point noirs – les cellules impliquées dans le remodelage osseux – se ramifient pour atteindre d'autres cellules).

17

**Le saviez-vous ?**

**Le fémur, l'os de la cuisse, est le plus long du corps.**

**Il mesure en moyenne 46 cm chez l'adulte.**

# Multitâches

Organes vivants, les os sont des ruches débordant d'activités.

À l'intérieur, la moelle épinière crée les cellules sanguines. À l'extérieur, des cellules en concurrence font et défont en permanence les os selon un processus nommé remodelage. Le calcium des vieilles cellules osseuses retourne dans le sang où il participe à la fabrication de nouveaux os.

Les os sont constitués de deux types de tissus : l'os compact, qui forme la couche extérieure dure, et, à l'intérieur, l'os spongieux qui est un tissu constitué de lamelles. La moelle, sous la forme d'un gel, remplit les interstices de certains os spongieux, tels les os longs des bras et des jambes. La moelle osseuse rouge fabrique les cellules sanguines du corps ; elle débite chaque jour plus de 100 milliards de cellules neuves.

Les os sont généralement classés d'après leur forme. Les os plats protègent le cerveau et les organes dans la cage thoracique et le pelvis. Les os longs (bras et jambes, mains et pieds, clavicules), sont puissants et supportent le poids. Les os courts, petits et en forme de cube, se trouvent dans les poignets et les hanches. Les os irréguliers, comme les vertèbres, présentent une grande variété de formes et offrent des protubérances auxquelles se rattachent les muscles, tendons et ligaments. Les sésamoïdes sont des os courts qui se transforment en tendons et subissent des frottements et des stress considérables (paume de la main, plante du pied, rotules).

## Garder la forme

### Fabriquez des os solides

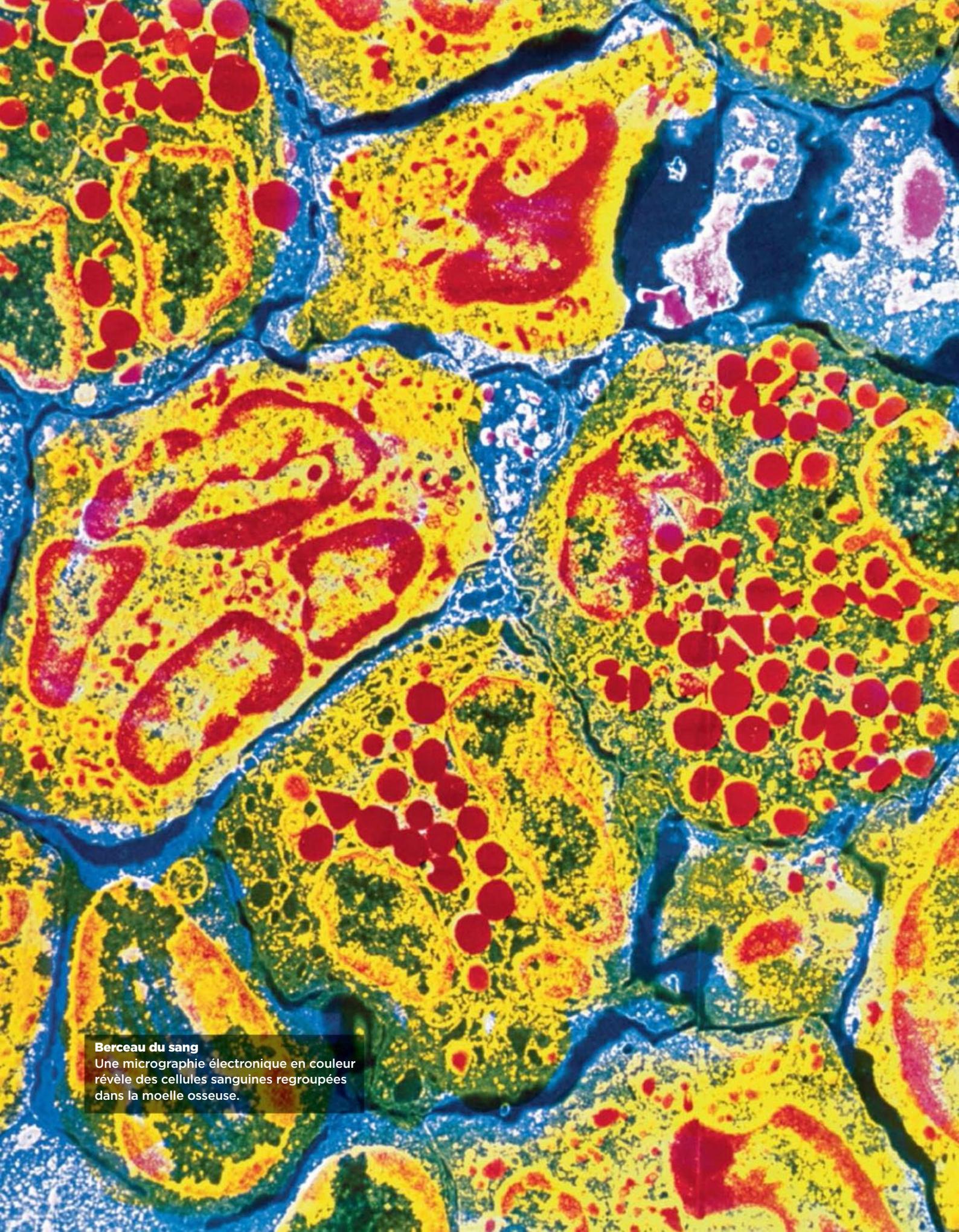
Vers l'âge de 30 ans, le corps perd de sa masse osseuse plus vite qu'il n'en produit. Pour avoir à la vieillesse un squelette résistant, respectez quelques habitudes fondamentales.

- Utilisez beaucoup de calcium dans votre alimentation. Les produits laitiers, les amandes et les légumes verts à feuilles, tels le chou frisé et le brocoli, sont de bonnes sources.
- Prenez de la vitamine D. Le lait vitaminé, les jaunes d'œufs et les poissons gras en contiennent. Les bains de soleil stimulent votre production de vitamine D, mais vous devez choisir entre les bienfaits de la formation osseuse et le risque d'un cancer de la peau.
- Pratiquez régulièrement des exercices de résistance : marchez, montez les escaliers ou jouez au tennis. Ce type d'activité renforce les os.
- Évitez la cigarette et la consommation excessive d'alcool. Outre leurs autres effets dommageables, ces mauvaises habitudes réduisent la densité osseuse.



# 18

**Le saviez-vous ?**  
**L'email des dents est**  
**le matériau le plus**  
**résistant dans le corps.**



### Berceau du sang

Une micrographie électronique en couleur révèle des cellules sanguines regroupées dans la moelle osseuse.

### **Charnières à risques**

La championne de ski Lindsey Vonn a été victime de nombreuses blessures aux genoux, fragilisés par la répétition des secousses subies sur les pistes.

À droite : le rhumatisme poly-articulaire tend à affecter les deux côtés du corps. Si les symptômes apparaissent dans la main droite, ils gagneront la main gauche.



# Connexions

Sans les jointures, qu'on appelle aussi les articulations, le corps serait une prison immobile. Il en existe plus de 400. Les muscles enjambent les jointures et relient les os entre eux. Les cordes, également nommées tendons, relient les muscles aux os, lesquels bougent quand les muscles se contractent. Les ligaments, des bandes de tissus résistants, soutiennent les os autour des jointures. Et les robustes cartilages font office de coussinets sur les extrémités osseuses, contribuant au bon fonctionnement des articulations.

**Le genou** Symbole de la merveilleuse ingénierie des jointures et de leur vulnérabilité, c'est l'articulation la plus complexe du corps. À la charnière de deux os importants, le fémur et le tibia, c'est lui qui reçoit les coups. Protégé par de multiples coussinets de cartilages, il est parcouru par des ligaments qui courrent sur les côtés et au centre pour l'équilibrer. Une lésion du genou survient sans crier gare, par exemple si un brusque changement de direction déchire le ligament croisé antérieur; ou elle s'installe sur la durée lorsque l'arthrose érode le cartilage protecteur. Des lésions irréversibles imposeront alors une opération fréquemment pratiquée : l'arthroplastie, réfection chirurgicale du genou abîmé, avec ou sans prothèse. ☺

## Zoom santé

### L'arthrite

Le terme général d'arthrite recouvre plus d'une centaine de types de maladies inflammatoires ou dégénératives attaquant les articulations. À des degrés divers, ces maladies présentent des symptômes identiques : douleur, raideur articulaire et gonflement.

L'arthrite peut se manifester comme un effet secondaire de nombreuses maladies, ou prendre la forme d'un désordre auto-immune, comme le rhumatisme chronique poly-articulaire. Mais sa forme la plus banale, attribuée à une usure normale, est l'arthrose. Dans ce cas, le cartilage articulaire situé dans les jointures, là où les os se touchent, se désintègre et n'est pas remplacé par de nouveaux tissus. Les os commencent à s'écraser les uns contre les autres, au point d'user le cartilage et de former des saillies là où le tissu osseux exposé s'épaissit.

Aujourd'hui, l'arthrite est l'une des maladies les plus répandues au monde.



### Le saviez-vous ?

**Le sang ne passe pas à travers les cartilages. C'est ce qui rend leur guérison si lente.**

# Le muscle

**L**es muscles, qui constituent plus de la moitié de la masse corporelle, permettent au corps de s'animer, de se déplacer et de tenir stable.

Les muscles animent les systèmes d'exploitation internes du corps, en même temps que ses parties propulsives. Sans muscles, notre corps ne pourrait ni respirer l'air ni digérer la nourriture. Le sang ne circulerait pas du cœur vers le centre du corps, ou à travers les membres et retour. Le travail des muscles nous permet d'exécuter chacun de nos mouvements, volontaire ou non.

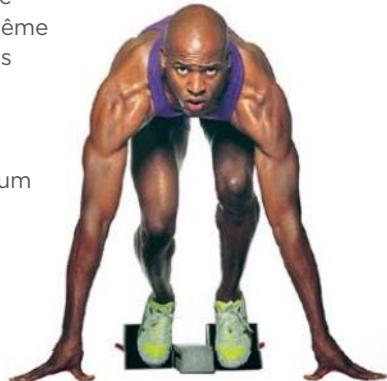
**Types de muscles** Le corps humain abrite trois espèces de muscles : squelettiques, lisses et cardiaque. Chacun accomplit un travail particulier. Les muscles squelettiques (également appelés muscles striés à cause de leur apparence) configurent la corpulence et ils ont différentes tailles et formes. Leurs mouvements sont volontaires – nous contrôlons leur fonctionnement. Les muscles lisses se situent dans les organes et les vaisseaux sanguins. Se contractant et se détendant involontairement, ils sont présents dans de nombreux organes. Le muscle cardiaque est également involontaire. Bien avant notre naissance et jusqu'à notre mort, les cellules du muscle cardiaque se contractent et se relâchent selon un rythme gravé en elles, créant la pulsation qui permet au sang de circuler à travers le cœur.

## À la pointe

### Qui, de la tortue ou du lièvre, est en meilleure forme ?

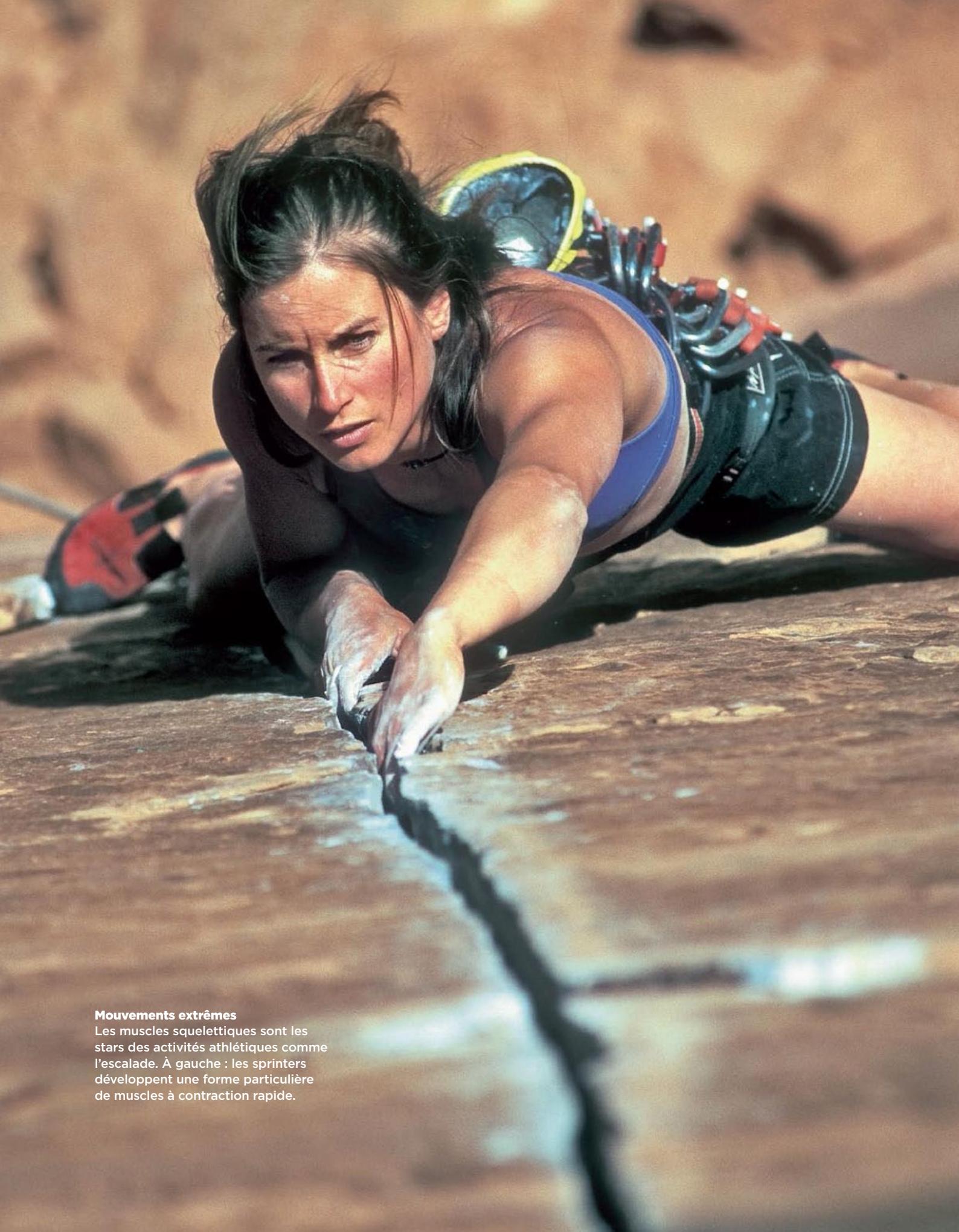
Faire de l'exercice est incontestablement bénéfique. Cela raffermit la force musculaire, améliore le rythme cardiaque et augmente les capacités pulmonaires, entre autres bienfaits.

Mais vaut-il mieux pratiquer de longues périodes d'efforts moins soutenus, comme la marche, ou des séances courtes et intenses, comme la course ou le tennis ? Les deux ont de bons résultats, semble-t-il. La marche est aussi efficace que la course pour améliorer les fonctions respiratoires et stabiliser le taux de sucre dans le sang, mais on brûle plus de graisses en courant. Des exercices intenses de moins de 10 minutes ont apparemment le même effet que des sessions plus longues et plus régulières. La plupart des chercheurs s'accordent à dire que vous devez pratiquer 150 minutes d'exercices hebdomadaires minimum – rapides ou lents, intenses ou faciles, à vous de choisir.



## Le saviez-vous ?

**Les muscles squelettiques constituent en moyenne 40 à 50% du corps masculin et 30 à 40% en moyenne du corps féminin.**



#### Mouvements extrêmes

Les muscles squelettiques sont les stars des activités athlétiques comme l'escalade. À gauche : les sprinters développent une forme particulière de muscles à contraction rapide.

**Derrière les tablettes de chocolat**

Dissimulés à l'intérieur de la structure extérieure des muscles squelettiques, les muscles lisses et le muscle cardiaque sont indispensables au bon fonctionnement du cœur et des autres organes.





# Travailleurs involontaires

L'essentiel de l'activité interne de votre corps est assuré par le travail occulte et involontaire des muscles lisses. Le muscle lisse agit, par exemple, dans les parois des vaisseaux sanguins; dans les parois des organes creux, tels l'estomac, les intestins et la vessie; dans les conduits menant l'air aux poumons; et à l'intérieur de l'iris de l'œil.

Le muscle lisse tient son nom de la surface brillante de ses fibres, par opposition à l'apparence striée des fibres du muscle squelettique. L'œsophage, le tube qui permet le transit de la nourriture jusqu'à l'estomac, est composé de couches de muscles lisses. La force mécanique de cet ensemble musculaire est telle que, même si vous restez en position du poirier, la nourriture continue de descendre dans votre estomac.

**Le muscle cardiaque** À l'instar du muscle lisse, le muscle cardiaque – qui constitue le cœur – fonctionne involontairement. Toutefois, il est strié comme le muscle squelettique, avec des bandes sombres de couleurs visibles dans les cellules. Les cellules cardiaques, courtes et trapues, interconnectent selon un système de liaison particulier qui fait du cœur un organe compact et puissant. Ce système facilite le passage rapide de minuscules impulsions électrochimiques d'une cellule à l'autre.

Un groupe de cellules spécifiques au muscle cardiaque fait office de pacemaker interne. Au rythme perpétuel de leurs contractions et relaxations, elles génèrent les impulsions électrochimiques qui entretiennent la pulsation régulière des battements du cœur.

# 21

**Le saviez-vous ?**  
Prenez une balle de tennis et pressez-la fermement. C'est avec cette force que le cœur bat.

# La clé du mouvement



Les tissus striés des muscles squelettiques forment des masses distinctes dont chacune est un muscle. Comme leur nom l'indique, ils sont en général rattachés aux os. Ce type de muscle est sous contrôle volontaire et ses actions – séquences coordonnées de contractions et de relâchements – activent les os au niveau des jointures.

Les tendons lient les muscles aux os. Un muscle est en général attaché à une extrémité d'un os fixe. Il enjambe une jointure et se rattache à l'os qu'il déplace. Quand le muscle se contracte, le tendon transfère sa force à l'os qui se déplace autour de la jointure. Pour chaque groupe de muscles qui se contracte, un groupe opposé se décontracte. Les muscles ne font que tirer ; ils ne poussent jamais. ☺



## Affaire de gros muscles

En haut : les étirements avant un exercice sont un moyen efficace d'éviter les lésions musculaires.

Ci-dessus : deux protéines moléculaires dans un muscle squelettique, l'une en forme de corde (en rose), l'autre ressemblant à une échelle (en jaune), interagissent pour produire une contraction.

# Le saviez-vous ?

22

Les follicules pileux sont dotés de minuscules muscles à leur base.

23

Le crâne est composé de 22 os distincts.

24

Debout, on brûle environ 50 calories/h de plus qu'assis.

Le pied est composé de 26 os, 100 ligaments et 35 muscles.

25

Le *Gluteus maximus*, ou grand fessier, est notre plus gros muscle.

26

27

Les saillies noueuses sur le côté des hanches sont les extrémités des os des jambes.

28

Les os de la cage thoracique sont les principaux fournisseurs de globules rouges.

29

Les mitochondries, les producteurs de l'énergie cellulaire, sont un héritage de la seule lignée maternelle.

30

Les membranes cellulaires guérissent instantanément quand elles sont percées, c'est pourquoi on peut injecter un spermatozoïde dans un ovocyte sans dommage.

31

Le corps féminin a un centre de gravité plus bas que le corps masculin, il est par conséquent plus stable.

# La peau

Le plus grand organe du corps est externe, et s'offre à la vue de tous. Pesant environ 3,6 kg et mesurant, si on pouvait l'étaler, 2 m<sup>2</sup>, la peau, reliée aux cheveux et aux ongles, forme le système tégumentaire, du latin *integumentum* (« recouvrant »), qui joue dans le corps un rôle protecteur, curateur et régulateur. Composée de deux types de tissus, cette enveloppe est très mince. La peau la plus fine (0,010 à 0,015 cm) se trouve sur les paupières; la plus épaisse (0,46 cm) est celle des paumes et des talons.

**L'épiderme** Imperméable, c'est la couche protectrice la plus externe. Elle contient, entre autres, des mélanocytes. Ces cellules fabriquent les pigments de la mélanine qui absorbe les radiations, et donne sa couleur à la peau tout en la protégeant des rayons ultra-violets. L'épiderme se régénère régulièrement : chaque jour, des

millions de cellules cutanées meurent au profit de millions de cellules neuves qui naissent. L'épiderme est naturellement couvert de micro-organismes.

**Le derme** Sous l'épiderme, le derme forme une solide gaine de tissu conjonctif. Il constitue la masse de la peau dont il est le support, lui procurant sa force et sa souplesse. On qualifie souvent le derme de véritable peau car, à la différence de l'épiderme, continuellement régénéré, il reste identique tout au long de la vie. Le derme, irrigué par le sang, abrite les vaisseaux lymphatiques, les extrémités nerveuses, les follicules pileux, la sueur, les glandes sébacées, les protéines de la collagène et de l'élastine. Des récepteurs sensoriels à l'intérieur du derme détectent la pression, la vibration et le frôlement; leurs extrémités nerveuses dénudées ressentent les stimuli douloureux tels que le froid et le chaud extrêmes.



## Le saviez-vous ?

La peau élimine en moyenne environ 18 kg de cellules cutanées au cours d'une vie.



**À fleur de peau**

La peau protège et communique. Elle accueille un grand nombre d'extrémités nerveuses sensorielles qui enregistrent le toucher, la chaleur et autres sensations.

# L'armure protectrice

La peau est un élément essentiel du système immunitaire. Barrière physique, elle bloque les agents pathogènes intrusifs. Matière imperméable, mais aussi excrétrice de déchets et de sueur, elle améliore l'équilibre des fluides corporels et régule la température. À la manière d'un coussin, elle protège les organes et les tissus. Elle fournit au corps des informations sur son environnement en détectant le toucher, la douleur, la pression et la température.

Pour protéger la forteresse humaine, la peau utilise de multiples défenses. La plupart des envahisseurs potentiels ne traversent jamais la pellicule de sueur et de sébum qui recouvre la peau et contient des substances antibactériennes et antifongiques.

**Guérison** Parce que la peau est une barrière vitale, son processus de guérison est rapide. L'épiderme, qu'on l'égratigne ou qu'on le gratte, organise immédiatement son renouvellement cellulaire. Des cellules neuves entourent la blessure et migrent en plaques à travers elle.

Le processus de guérison des plaies profondes est plus complexe. Des caillots sanguins se forment, entourant comme un mur la zone blessée ; l'inflammation délègue sur le lieu de la plaie des globules blancs pour combattre l'infection. Des cellules dans le derme, les fibroblastes fabriquent de nouveaux tissus. La peau se reconstruit en quelques jours ou semaines. ☺

## Garder la forme

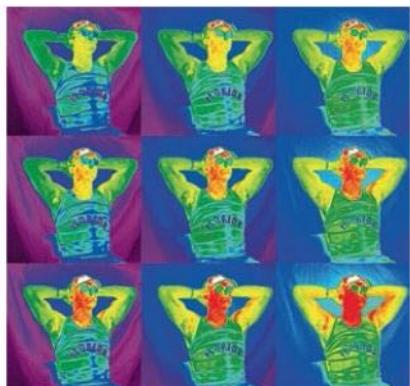
### Soleil ou ombre ?

La lumière du soleil, qui donne la vie au monde, est bonne pour nous. L'exposition au soleil régule le rythme circadien et améliore notre humeur. Elle favorise la fabrication de vitamine D, ce qui renforce nos os.

Mais la lumière du soleil peut être mauvaise. Son spectre contient des ultraviolets (UV) qui pénètrent les cellules cutanées et causent des mutations génétiques entraînant des cancers de la peau. Le cancer cutané le plus dangereux, le mélanome, fait des milliers de morts chaque année.

Quand il s'agit de privilégier le soleil ou l'ombre, la plupart des médecins choisissent cette dernière option, car le risque du cancer cutané l'emporte sur les bénéfices des bains de soleil.

Des manches longues et un écran solaire total (15 SPF minimum) protègent bien la peau. Les chirurgiens估计 que l'utilisation régulière d'un écran total jusqu'à l'âge de 18 ans réduit de 80 % les risques de cancers cutanés non-mélanomes.

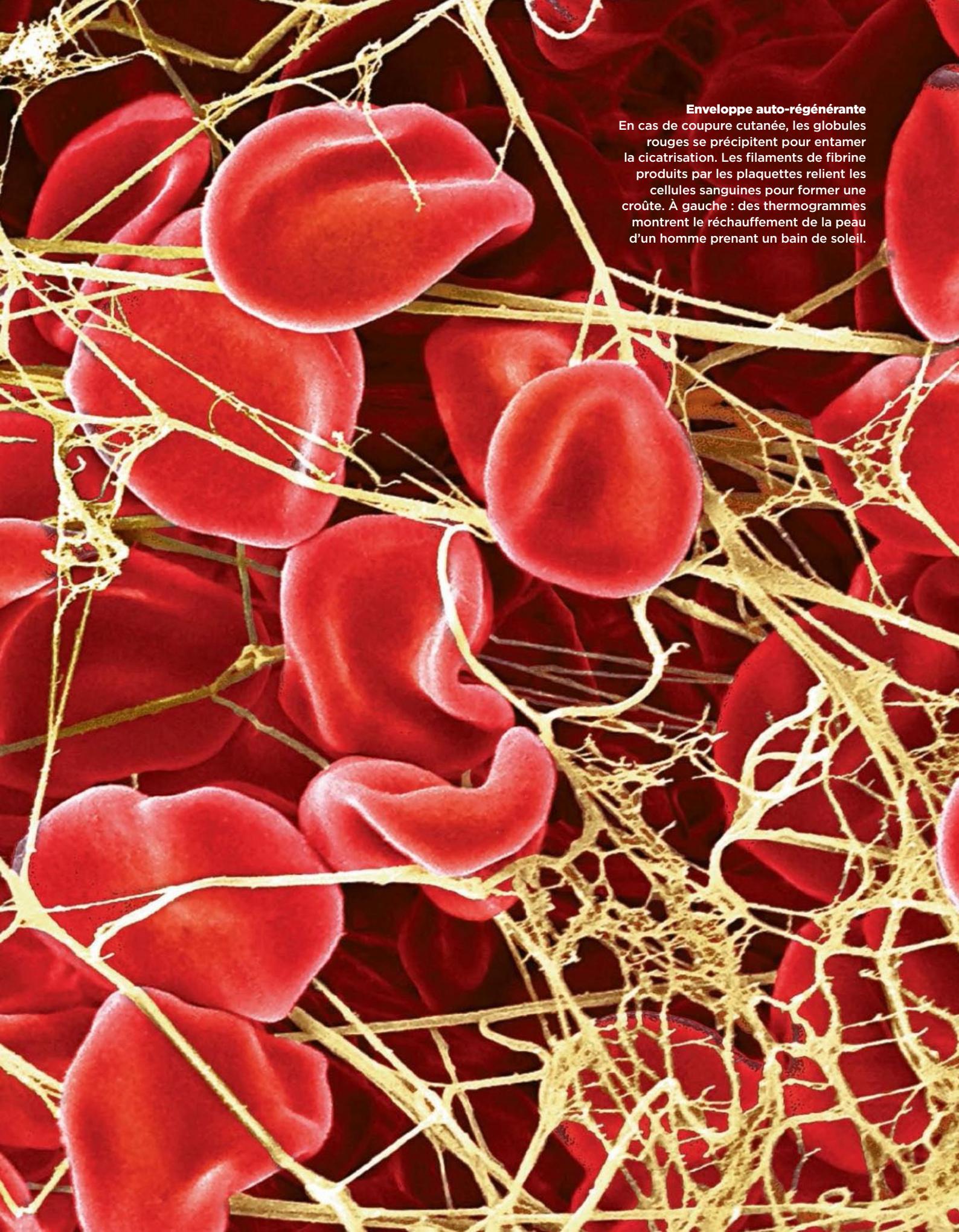


### Le saviez-vous ?

**Les glandes sudoripares relâchent chaque jour entre 400 et 500 ml de sueur.**

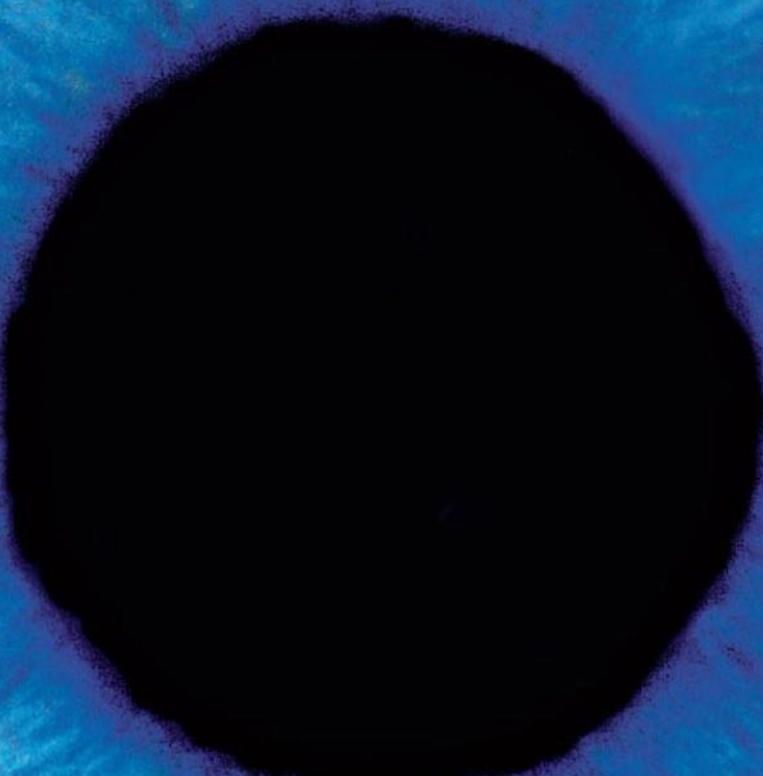
### **Enveloppe auto-régénérante**

En cas de coupure cutanée, les globules rouges se précipitent pour entamer la cicatrisation. Les filaments de fibrine produits par les plaquettes relient les cellules sanguines pour former une croûte. À gauche : des thermogrammes montrent le réchauffement de la peau d'un homme prenant un bain de soleil.



### **Capture lumineuse**

Porte du cerveau, la pupille concentre la lumière dans des millions de nerfs à l'intérieur de la rétine.





CHAPITRE

2

# Les systèmes nerveux et endocrinien

Se déployant dans chaque tissu comme une toile électrique, le système nerveux est le contrôleur et le communicateur essentiel du corps. Ses milliards de neurones, ou cellules nerveuses, se raccordent les unes aux autres, formant un réseau d'une complexité inextricable. De concert avec le système endocrinien, le système nerveux dicte chacune de ses tâches au corps. Ses nerfs sensoriels livrent des informations sur le monde extérieur, mais son organe principal, le cerveau, est le siège des processus mystérieux de la conscience humaine.

À quoi tout cela ressemble-t-il d'un point de vue anatomique ? C'est littéralement au sommet que cela commence. Enfermé à l'intérieur du crâne, le cerveau se présente comme une petite masse double de tissu gélatinieux rose gris contenant des milliards de neurones et un nombre plus élevé encore de cellules de soutien, les cellules gliales.

Douze paires de nerfs crâniens bifurquent de la base du cerveau vers la tête et la partie supérieure du corps. Un nombre beaucoup plus important de nerfs partent du cerveau et suivent le trajet de la moelle épinière logée au centre de la colonne vertébrale. Trente et une paires de nerfs spinaux se ramifient à partir du rachis en direction des muscles et des glandes. Les nerfs se divisent tout en se ramifiant à travers le corps et la peau.

# Expérience

## Attention sélective Le test de Stroop

### Étape n° 1.

Mindez-vous ou demandez à quelqu'un de le faire avec une montre ou un sablier.

### Étape n° 2.

Lisez à haute voix les couleurs des mots, et non pas les mots eux-mêmes, du test A. Calculez combien de temps cela vous prend.

### Étape n° 3.

Lisez à haute voix les couleurs des mots, et non pas les mots eux-mêmes, du test B. Calculez combien de temps cela vous demande.

**Maintenant tournez la page.**

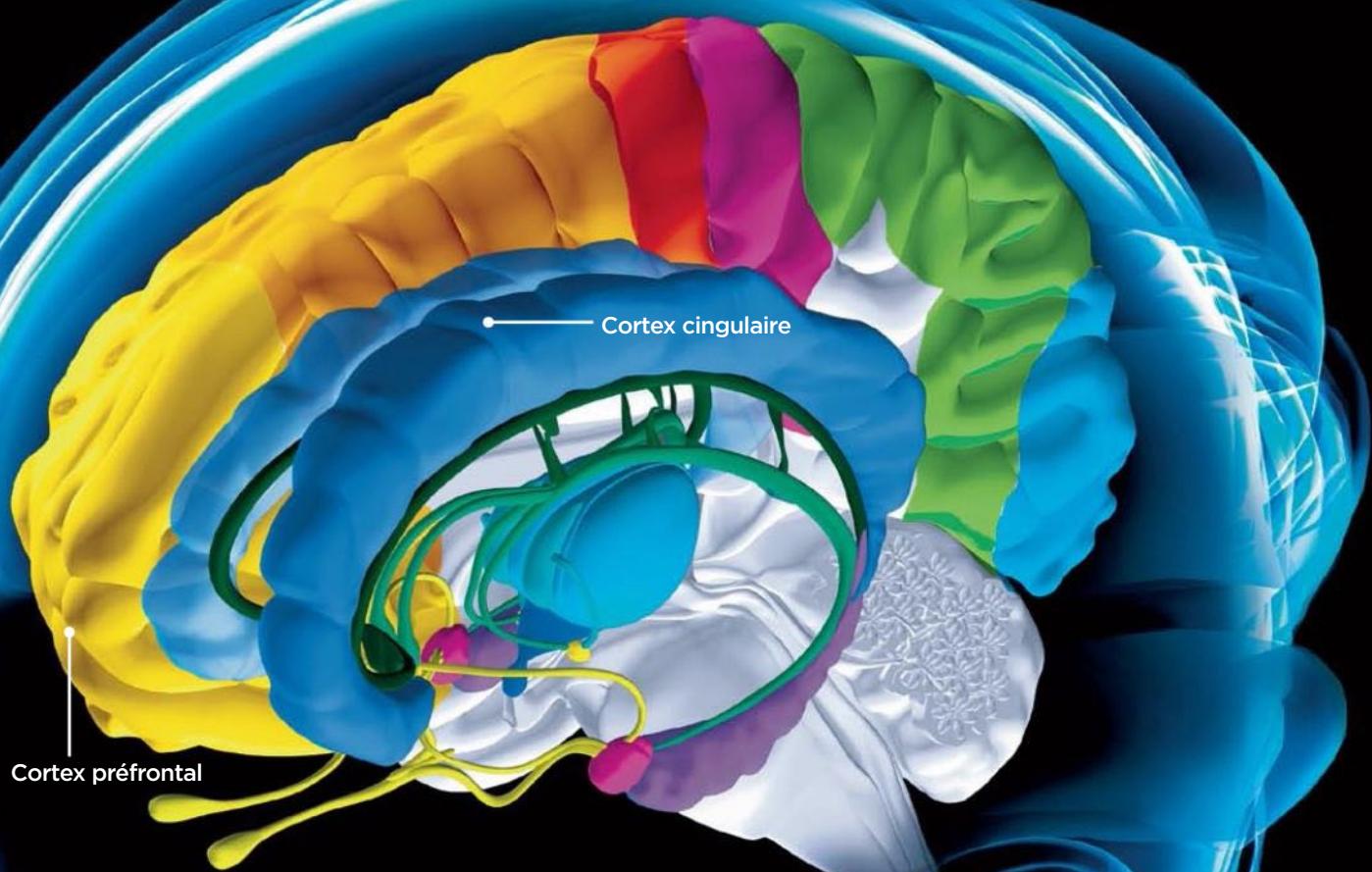


**Test A**

<b>ROUGE</b>	<b>VIOLET</b>	<b>BLEU</b>	<b>VERT</b>	<b>ORANGE</b>
<b>VERT</b>	<b>ROUGE</b>	<b>ORANGE</b>	<b>BLEU</b>	<b>VIOLET</b>
<b>BLEU</b>	<b>VERT</b>	<b>VIOLET</b>	<b>ORANGE</b>	<b>ROUGE</b>
<b>ORANGE</b>	<b>BLEU</b>	<b>ROUGE</b>	<b>VIOLET</b>	<b>VERT</b>
<b>VIOLET</b>	<b>ORANGE</b>	<b>VERT</b>	<b>ROUGE</b>	<b>BLEU</b>

**Test B**

<b>BLEU</b>	<b>VERT</b>	<b>ROUGE</b>	<b>ORANGE</b>	<b>VIOLET</b>
<b>VIOLET</b>	<b>ORANGE</b>	<b>VERT</b>	<b>ROUGE</b>	<b>ORANGE</b>
<b>ROUGE</b>	<b>BLEU</b>	<b>ORANGE</b>	<b>VERT</b>	<b>BLEU</b>
<b>VERT</b>	<b>VIOLET</b>	<b>BLEU</b>	<b>VIOLET</b>	<b>ROUGE</b>
<b>ORANGE</b>	<b>ROUGE</b>	<b>VIOLET</b>	<b>BLEU</b>	<b>VERT</b>



#### La carte du cerveau

Les diverses aires du cerveau exécutent différents types de tâches tout en communiquant entre elles dans un brouissement électrique. L'Effet Stroop active deux zones du lobe frontal.

# Que s'est-il passé

Il vous a fallu un certain laps de temps supplémentaire pour lire le test B, n'est-ce pas ?

Ce phénomène est appelé l'Effet Stroop, du nom du psychologue américain John Ridley Stroop qui l'a rendu célèbre en 1935. On peut l'utiliser comme un test d'attention sélective - délibérée ou ciblée. La reconnaissance des couleurs et la lecture conjointe des mots, puis la résolution du conflit entre leurs sens, créent une sorte d'interférence mentale qui ralentit le temps de traitement. Plus vous vous concentrez sur un seul canal d'information, plus le résultat est rapide.

Les scans du cerveau montrent que les aires du lobe cervical frontal, responsables du traitement d'une information conflictuelle, sont activées durant le test de Stroop. On recourt parfois à ce test pour diagnostiquer des désordres, comme le trouble d'hyperactivité avec déficit de l'attention (THDA) et la dépression.

Vous voulez savoir où vous vous classez ? L'expérience montre qu'un quadragénaire passe le test A en 10 secondes en moyenne, et le test B en environ 21 secondes. L'écart augmente avec l'âge, en particulier pour le test B.

**Le saviez-vous ?**  
**Les accidents d'automobilistes distraits par une conversation ou un texto sur leur portable témoignent des limites de l'attention sélective.**

# La toile électrique

**L**'unité de base du système nerveux est le neurone, doté d'une remarquable capacité à véhiculer les messages électrochimiques d'une partie du corps à l'autre. Les neurones, comme les cellules du muscle cardiaque, ont une longévité telle qu'ils survivent pendant toute la durée de la vie. Toutefois, les cellules nerveuses matures ne peuvent ni se diviser ni se reproduire, et, une fois détruites, la plupart ne sont pas remplaçables. D'où le caractère souvent irréversible des lésions du cerveau ou de la colonne vertébrale.

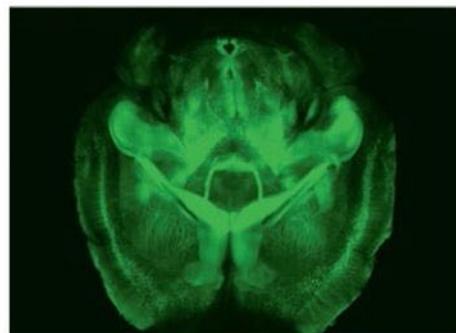
**Les neurones** Dans leur grande majorité, les neurones sont composés de trois parties : le corps cellulaire, ou soma ; et deux sortes de processus nerveux, ou fibres : les dendrites – de courtes extensions en forme de branches surgissant du corps cellulaire – et les axones – de longs filaments excitables électriquement. Chaque axone est pourvu d'une arborisation terminale de 10 000 branches ou plus, et chaque branche a un bouton terminal, ou synaptique. Les impulsions du nerf transitent d'un neurone à l'autre *via* les synapses, le point où les branches terminales de l'axone atteignent les dendrites des autres neurones.

Les neurones sont renforcés par des cellules encore peu connues, les neuroglia (ou cellules gliales) qui fournissent des nutriments à leurs cousins neuronaux et leur offrent une structure de soutien tissulaire.

## À la pointe

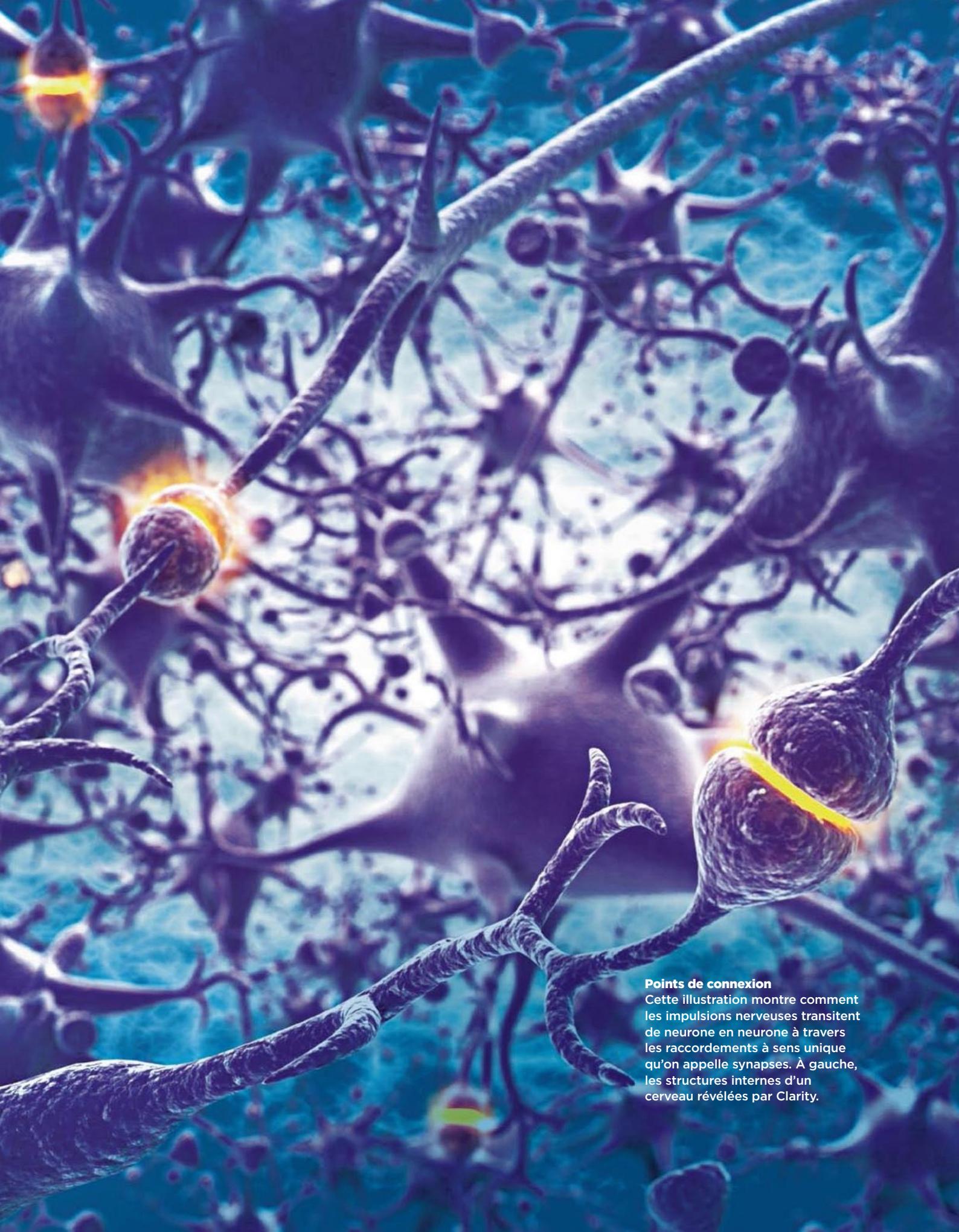
### Cerveau en gelée

Jusque récemment, l'étude des tâches complexes et en trois dimensions du cerveau consistait à aligner des coupes en deux dimensions, et à tenter de reconstruire ce qui se passe et où. L'avènement d'une nouvelle technique, baptisée Clarity, pourrait changer la donne. À l'université Stanford, en Californie, des chercheurs ont conçu le moyen de répandre un gel dans la totalité du cerveau. Ce gel se fixe sur quasiment tous les tissus, mais évite les lipides (les graisses) qui bloquent la lumière. Une fois le cerveau nettoyé de ses lipides avec un détergent, les nerfs et les structures du cerveau apparaissent comme conservés dans une gelée claire. Pour l'heure, la technique s'applique à des cerveaux de souris entiers et à des portions de cerveaux humains. Les scientifiques pourraient utiliser le savoir glané dans ces expériences pour résoudre divers mystères, des origines de la schizophrénie aux mécanismes des stress post-traumatiques.



### Le saviez-vous ?

**Les axones (fibres prolongeant les neurones) des girafes peuvent mesurer 4,6 m de long.**



#### Points de connexion

Cette illustration montre comment les impulsions nerveuses transittent de neurone en neurone à travers les raccordements à sens unique qu'on appelle synapses. À gauche, les structures internes d'un cerveau révélées par Clarity.



#### Une hormone pour le plaisir

Au cours d'exercices et d'activités excitantes, comme le VTT, le corps produit des neurotransmetteurs, appelés endorphines, qui procurent une sensation de bien-être.

# L'envoi de signaux

Chaque neurone, sans distinction de forme ou de position dans le système nerveux, émet sur son prolongement un signal bioélectrique qui se transmet à une autre cellule nerveuse. Cette impulsion déclenche à la surface du neurone un minuscule changement de voltage. Celui-ci parcourt alors l'axone à la vitesse de 105 km/h. Un neurone peut ainsi se déclencher jusqu'à mille fois par seconde.

Après avoir atteint le bouton terminal d'un axone, le signal relâche des agents chimiques – les neurotransmetteurs. En moins d'un millième de seconde, ces agents chimiques envahissent l'espace minuscule du synapse – l'interstice entre l'axone transmetteur et la cible cellulaire réceptrice – et se relient aux récepteurs du neurone cible. Ces récepteurs activent alors leur propre neurone, soit pour l'inciter à émettre à son tour une impulsion, soit pour l'en empêcher.

**Neurotransmetteurs** Les chercheurs ont trouvé des douzaines de types de transmetteurs actifs dans le système nerveux. Nombre de ces transmetteurs sont accouplés à un récepteur spécifique, comme une clé dans une serrure, et chacun a son éventail d'effets spécifiques. De nombreuses drogues, légales ou non, agissent en altérant le flux des neurotransmetteurs. La fluoxétine (Prozac), ainsi que d'autres psychotropes affectant le neurotransmetteur sérotonine, est utilisée pour traiter la dépression et des maladies apparentées. La cocaïne permet à un autre neurotransmetteur, la dopamine, de se développer dans les centres du plaisir du cerveau. La recherche dans le domaine des neurotransmetteurs est l'une des branches les plus actives des neurosciences. Elle ouvre des perspectives sur l'origine des maladies d'Alzheimer, de Parkinson, la schizophrénie et d'autres maux. ◎

36

Le saviez-vous ?

Un neurotransmetteur,  
l'ocytocine, renforce  
l'attachement émotionnel  
entre deux individus.

# La commande centrale

Le cerveau est le contrôleur centralisé du corps dont il coordonne pratiquement l'ensemble des fonctions - de la respiration à la résolution d'une équation. Toutes ces capacités stupéfiantes proviennent d'une masse d'environ 1,6 kg, gélatineuse et creusée de sillons. Outre ses 100 milliards de neurones et ses 50 billions de neuroglia, le cerveau compte quelque  $10^{15}$  synapses, ou 1000 billions, soit davantage que le nombre d'étoiles dans notre galaxie.

**Régions du cerveau** Des quatre aires principales du cerveau - le tronc cérébral, le cervelet, le diencéphale et le cervebrum - seul ce dernier, le cerveau proprement dit, gère la pensée consciente. Le tronc cérébral, à l'extrémité de la colonne vertébrale, contrôle les fonctions basiques comme les battements du cœur et la respiration. Le cervelet gère la coordination des mouvements et l'équilibre, ainsi que les activités spécialisées mécaniques (jouer du piano...). Le diencéphale, placé au milieu du cerveau et enveloppé par les hémisphères du cervelet, régule une foule de fonctions, comme la température, la faim et le sommeil.

Reposant par dessus ces structures, et divisé en hémisphères, le cerveau constitue plus de 80 % de la masse cérébrale. Il est le siège de l'intelligence, de la communication, de la mémoire et de l'imagination.

## Zoom santé

### Le test FAST

L'accident vasculaire cérébral (AVC), ou attaque cérébrale, comme on l'appelle couramment, est dû en général à un arrêt de l'apport sanguin à une partie du cerveau, et à la mort du tissu cervical qui en résulte.

Une attaque survient brusquement. Les symptômes sont d'ordinaire une faiblesse soudaine ou un engourdissement, des difficultés d'élocution, une vision brouillée, des nausées, un mal de tête brutal et un épisode confus.

Les spécialistes de l'AVC recommandent d'accomplir auprès de la victime potentielle d'un AVC le test rapide suivant, dont l'acronyme est FAST (pour « Face-Arm-Speech-Time »).

**Visage :** demandez-lui de sourire. Une partie du visage s'affaisse-t-elle ?

**Bras :** demandez-lui de lever les bras. L'un des bras pend-il ?

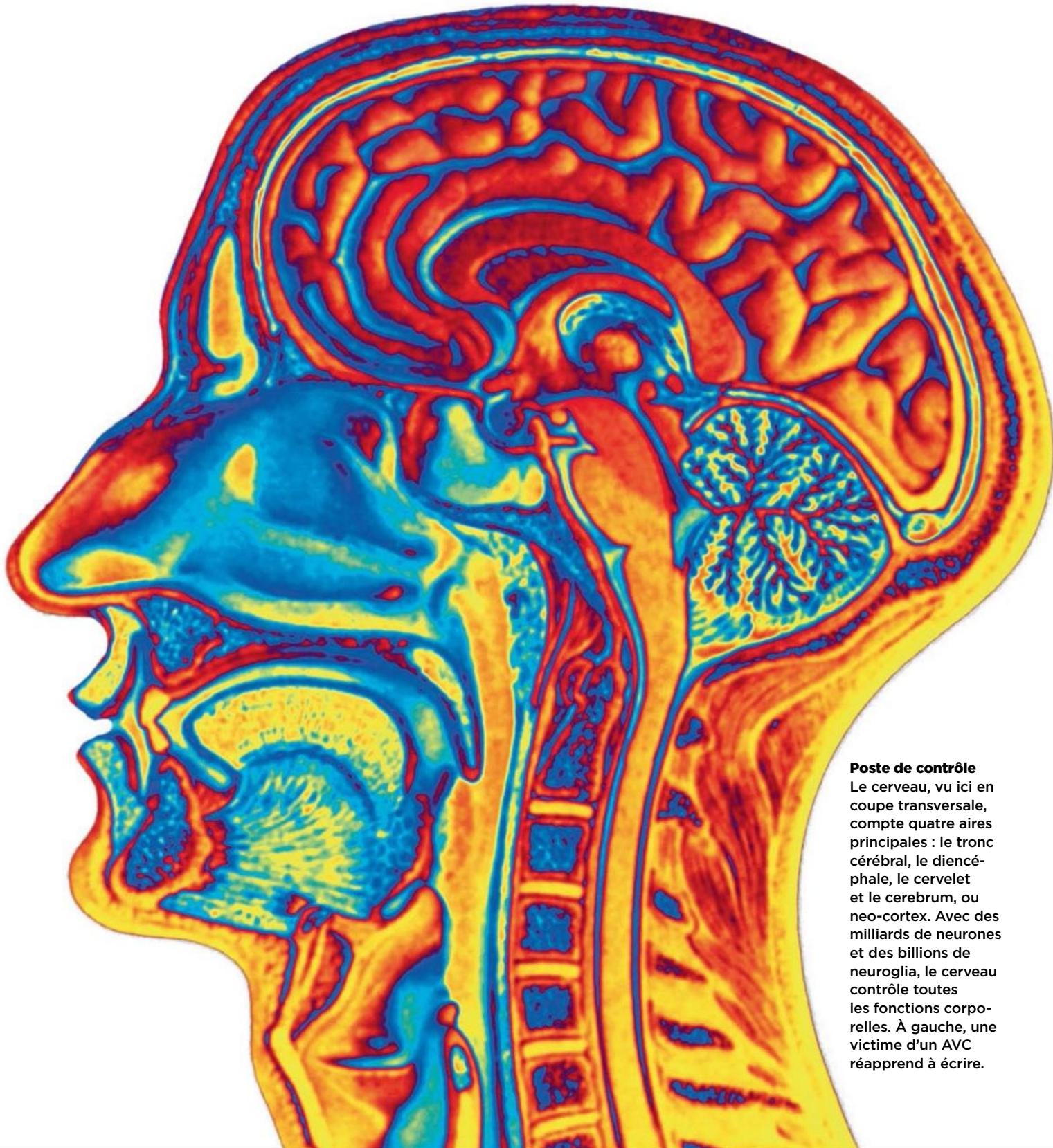
**Parole :** demandez-lui de redire une phrase simple. Les mots sont-ils indistincts ou répétés incorrectement ?

**Temps :** si vous observez l'un de ces symptômes, contactez vite les urgences.

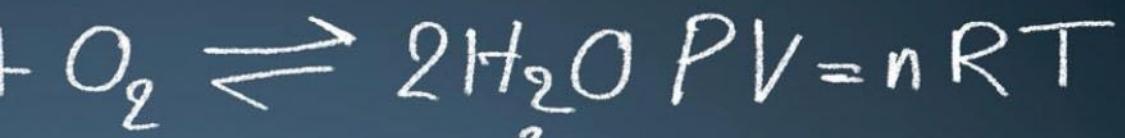
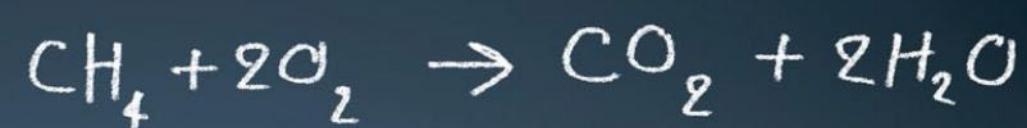


### Le saviez-vous ?

**Il ne faut que 8 à 10 secondes au cerveau pour perdre conscience en cas d'interruption de l'apport sanguin.**



**Poste de contrôle**  
Le cerveau, vu ici en coupe transversale, compte quatre aires principales : le tronc cérébral, le diencéphale, le cervelet et le cerebrum, ou neo-cortex. Avec des milliards de neurones et des billions de neuroglia, le cerveau contrôle toutes les fonctions corporelles. À gauche, une victime d'un AVC réapprend à écrire.



$$\frac{dy}{dx} \ln x = \frac{y}{x}$$

$$K_{eq} = \frac{[H_2O]^2}{[H_2]^2 [O_2]}$$

$$\log_a\left(\frac{1}{x}\right) = -\log_a x$$

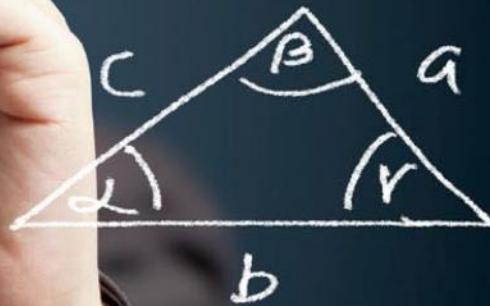
$$v = \omega r \quad E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$$F = \frac{G m_1 m_2}{r^2} \quad Q = mc\Delta T$$

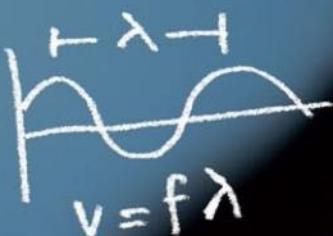
$$\sin^2 + \cos^2 = 1$$



$$\Delta P = \rho g \Delta h$$



$$IV \quad \frac{V^2}{R}$$



$$E = mc^2$$

$$I^2 R \quad PV = nRT$$

$$\frac{\sin \alpha}{a} = \frac{\sin \beta}{b} = \frac{\sin \gamma}{c}$$

$$+ at \quad \omega = 2\pi f$$

$$a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma = c^2$$

$$-V_0^2 = 2a(x - x_0)$$

$$\Delta E = h\nu$$

$$m \frac{(1+x)^n - 1}{x} = n$$

**Acquisition et stockage**  
L'apprentissage est un processus à plusieurs étapes impliquant les sens, de nombreux niveaux d'informations et la mémoire.  
À droite : un cerveau atteint par Alzheimer (à gauche) comparé à un cerveau sain.

# La mémoire

L'apprentissage et la mémorisation sont des processus complexes impliquant de nombreuses aires du cerveau alimentées par un va-et-vient d'informations. Apprendre est une séquence à plusieurs étapes d'acquisition de connaissances par l'expérience sensorielle et le stockage de ces connaissances dans la mémoire. L'information entrante est d'abord réceptionnée dans la mémoire à court terme, une sorte d'entrepôt de courte durée localisé dans les cellules du lobe préfrontal. Certaines mémoires à court terme, peut-être parce qu'elles sont renforcées, passent ensuite dans la mémoire à long terme selon un processus apparemment gouverné par l'hippocampe dans le système limbique.

**Catégories** Les scientifiques sont en train de découvrir que l'information se divise en de multiples composantes organisées en catégories et emmagasinées dans des lieux éparsillés du cortex cérébral. Ils ont établi que le cerveau possède au moins vingt catégories d'organisation de l'information, parmi lesquelles les plantes, les parties du corps, les verbes, les noms propres, les visages, les couleurs, les nombres, les lettres et les types de sons. Des études menées sur des individus souffrant de lésions cérébrales très localisées montrent que ces catégories offrent des disparités surprenantes : par exemple, un patient pouvait nommer les petits outils, mais pas les grands.

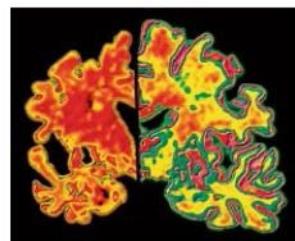
## Zoom santé

### La maladie d'Alzheimer

Depuis que, il y a plus de cent ans, le neurologue allemand Alois Alzheimer a décrit pour la première fois des plaques et des noeuds inhabituels dans le cerveau d'un patient dément, la maladie éponyme a fait l'objet de multiples études, mais elle n'a guère progressé sur la voie d'un traitement utile. Son origine reste inconnue.

Évolutif, dégénératif et ultimement fatal, l'Alzheimer est marqué par la perte progressive de la mémoire, des connaissances, du raisonnement, de la communication et des activités quotidiennes. La maladie affecte environ 900 000 personnes en France, presque toutes âgées de plus de 65 ans.

Les chercheurs ont identifié des gènes reliés à une version héréditaire rare de l'Alzheimer ; la forme la plus commune de la maladie est peut-être liée à des mutations génétiques produisant une molécule, la bêta-amyloïde. La mise en place de certains biomarqueurs, tels les taux de bêta-amyloïdes dans le sang, pourrait favoriser la détection précoce de la maladie. Des médicaments, en cours de développement, pourraient prévenir la formation des plaques associées à Alzheimer.



**Le saviez-vous ?**  
**Le cerveau possède au moins 20 catégories d'organisation de l'information.**

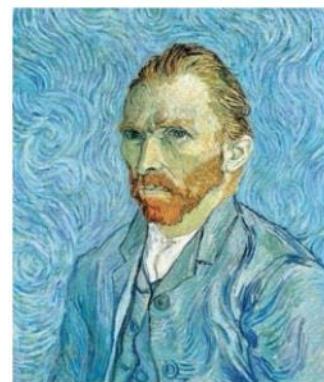
# Maladies mentales



Il fut un temps où les maladies mentales, telles que la schizophrénie et la dépression, étaient tenues pour des affections de l'esprit plutôt que du cerveau. Aujourd'hui, la distinction est floue, tout comme la frontière entre psychiatrie et neurologie. La plupart des maladies mentales sont désormais considérées comme des troubles des systèmes de communication à l'intérieur du cerveau : les neurotransmetteurs qui expédient les signaux de neurone à neurone. Beaucoup de maladies ont également une composante génétique évidente. Et les effets de l'environnement de la personne, en particulier les traumatismes psychologiques et les stress durables, sont aussi des facteurs importants.

**Schizophrénie** Cette affection est un bon exemple de la nature complexe de la maladie mentale. La schizophrénie se caractérise par de graves perturbations de la pensée, de la perception, du langage et du sentiment de soi. L'origine génétique de la maladie est établie, et l'âge du père joue un rôle : les hommes de plus de 50 ans ont trois fois plus de risques d'engendrer un enfant schizophrène que les hommes de moins de 25 ans. On a aussi lié la schizophrénie au développement défectueux du cerveau pendant le développement du fœtus. Enfin, le stress jouerait un rôle important : un épisode dramatique est souvent un facteur déclenchant de la schizophrénie. ☺

**Déficiences apparentes**  
Ci-dessus : les différences dans les cerveaux de jumeaux identiques sont visibles sur les coupes transversales en arrière-plan. Le jumeau à droite est atteint de schizophrénie.  
Ci-dessous : Vincent van Gogh a lutte contre la maladie mentale, avant de se suicider, à l'âge de 37 ans.



# Le saviez-vous ?

39

Le cerveau représente **2%** de notre poids corporel, mais il utilise **20%** de l'oxygène et du glucose du corps.

**Les plexus,** **40** qui sont des amas de nerfs dans le système gastro-digestif, sont des régulateurs miniatures de la digestion.

L'enveloppe dure et tannée du **cerveau** située directement **41** sous le crâne est appelée *dura mater*, ou « **dure-mère** ».

De nombreuses **victimes de la dépression** sécrètent trop de **cortisol**, une hormone du stress. **42**

L'enfant d'un parent **schizophrène** multiplie par **12** la probabilité de développer à son tour la maladie. **43**

**44** Les protéines à repliement **anormal**, les prions, détruisent les neurones dans le cerveau et génèrent des pathologies comme la maladie de la vache folle et l'insomnie fatale familiale.

Les hémisphères du cerveau communiquent par le corps calleux qui contient 200 millions de **fibres nerveuses**. **45**

Dans un cerveau en plein développement, **les neurones** se ruent vers leur destination finale comme de minuscules chenilles. **46**

**47** La privation de **sommeil** se double d'une chute du nombre des **cellules immunes** dans le corps.

Les capillaires dans le cerveau sont scellés hermétiquement pour empêcher de dangereuses **substances chimiques** de s'échapper. **48**

# L'autoroute de l'information

La moelle épinière est la voie principale du système nerveux : elle relie le cerveau au reste du corps. L'information venue de ce dernier remonte en flèche cette autoroute jusqu'au cerveau, tandis que les injonctions du cerveau se rulent le long de la moelle épinière vers les muscles et les organes. Dans certains cas – comme les réactions réflexes – les signaux se déplacent depuis et vers la moelle épinière sans passer par le cerveau.

**Nerfs spinaux** La moelle épinière, également appelée moelle spinale, et le cerveau forment ensemble une entité continue, le système nerveux central. La moelle elle-même, brillante et blanche, fait 1,9 cm de large et entre 41 et 46 cm le long du tronc cérébral chez l'adulte moyen. Les vertèbres, les os de la colonne vertébrale, la contiennent et la

protègent. La moelle épinière n'est pas aussi longue que la colonne ; elle s'interrompt à hauteur de la première vertèbre lombaire, juste en-dessous des côtes inférieures.

En tout, 31 paires de nerfs spinaux se prolongent dans le reste du corps à partir de la moelle épinière, chaque paire émergeant de l'espace entre deux vertèbres. La dernière paire inférieure fait partie d'un amas de nerfs fins comme des cheveux, la queue-de-cheval (*Cauda equina*), qui se situent à l'extrémité de la moelle épinière.

L'ensemble de ces nerfs spinaux relie le cerveau et la moelle épinière aux glandes, aux muscles et aux récepteurs sensoriels. Certains nerfs atteignent ces aires directement, mais la plupart s'y connectent *via* d'autres nerfs et réseaux nerveux. On peut associer chaque nerf à la partie du corps qu'il régit. ☺

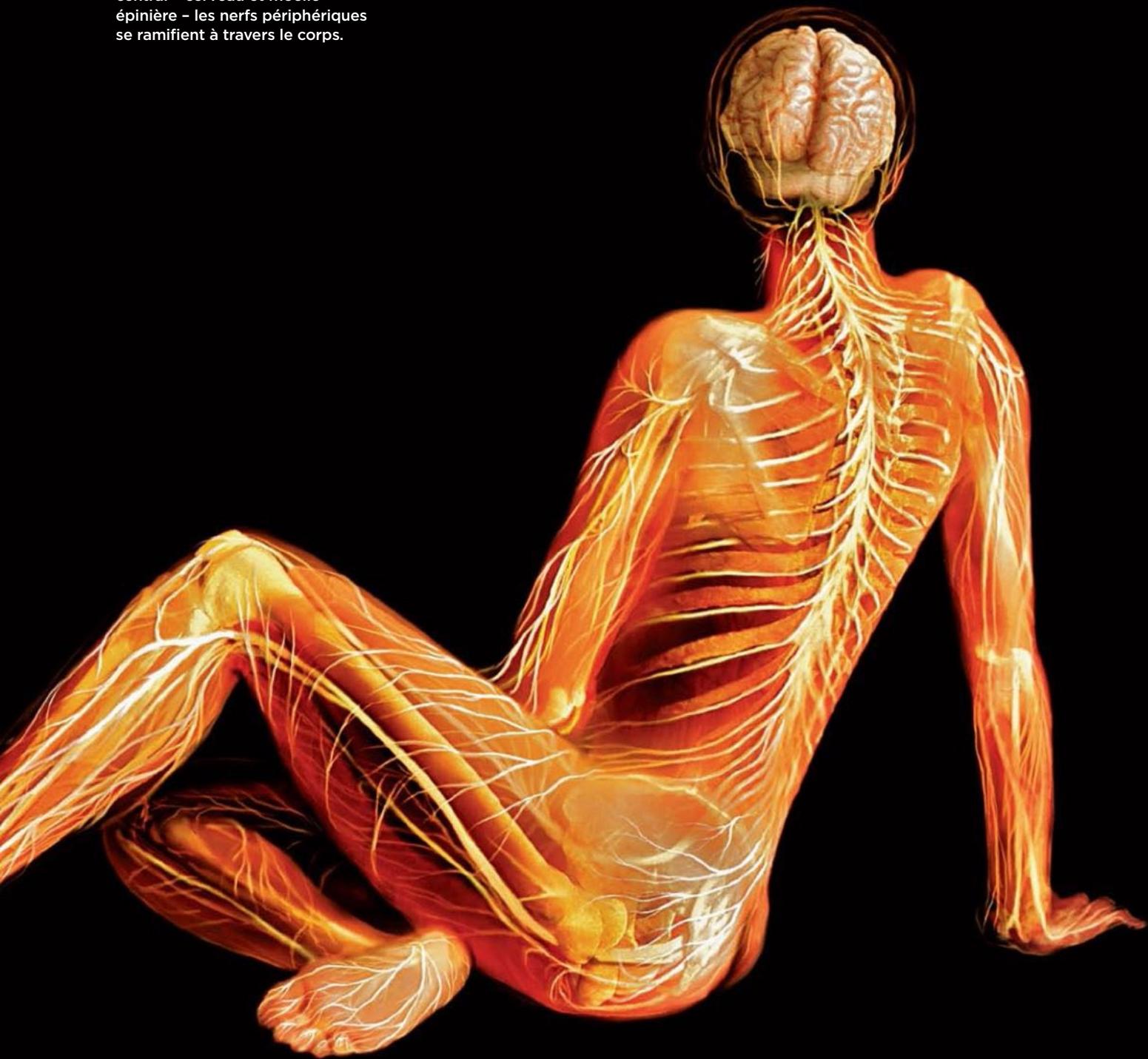
Le saviez-vous ?

**La moelle épinière est faite de matière grise (le corps de la cellule nerveuse) et de matière blanche (les fibres nerveuses).**



**Paquet de nerfs**

Émergeant du système nerveux central – cerveau et moelle épinière – les nerfs périphériques se ramifient à travers le corps.



**Le grand frisson**

Les participants à un bain du Nouvel An s'efforcent de ne pas geler sur place. La sensation de froid est due aux récepteurs sensoriels, les terminaisons nerveuses libres.



# Établir des liens

Des millions de nerfs connectent le système nerveux central - cerveau et moelle épinière - au reste du corps. Ces nerfs font partie du système nerveux périphérique. Ce système, découpé en catégories sensorielles et motrices, enregistre les sensations et les véhicules jusqu'au cerveau dont il reçoit des ordres qu'il renvoie au reste du corps.

**Récepteurs sensoriels** Ils ont trois formes basiques. Les terminaisons nerveuses libres sont des fibres nerveuses qui enregistrent un stimulus. Présents partout dans le corps, en particulier dans la peau et le tissu conjonctif, ces récepteurs ressentent la douleur, le chaud, le froid, les chatouillements, les démangeaisons et certains touchers. Les terminaisons nerveuses encapsulées, quant à elles, sont enveloppées dans une capsule de tissu conjonctif et répondent à la pression, au toucher qui indique

l'origine d'un contact et à l'étiement des muscles. Enfin, les cellules sensorielles présentes dans les yeux et les oreilles sont encore plus complexes. La plus forte concentration de récepteurs se situe dans les lèvres, au bout des doigts et de la langue.

On peut aussi identifier les récepteurs sensoriels d'après le type de sensation où ils se sont spécialisés. Beaucoup répondent aux seules sensations tactiles – toucher, pression, vibration, démangeaison, chatouillement. Deux types différents de terminaisons nerveuses libres ressentent la sensation de chaud et de froid. Les nocicepteurs, enregistrent la douleur. Les propriocepteurs – récepteurs situés dans les muscles, les tendons et l'oreille – signalent la position des parties du corps. Quand vous fermez les yeux, que vous levez un bras et que vous touchez le bout de votre nez, vous faites appel à vos sensations proprioceptrices.

50 Le saviez-vous ?  
Les sensations ne  
sont pas perçues  
consciemment avant  
d'atteindre le cerveau.



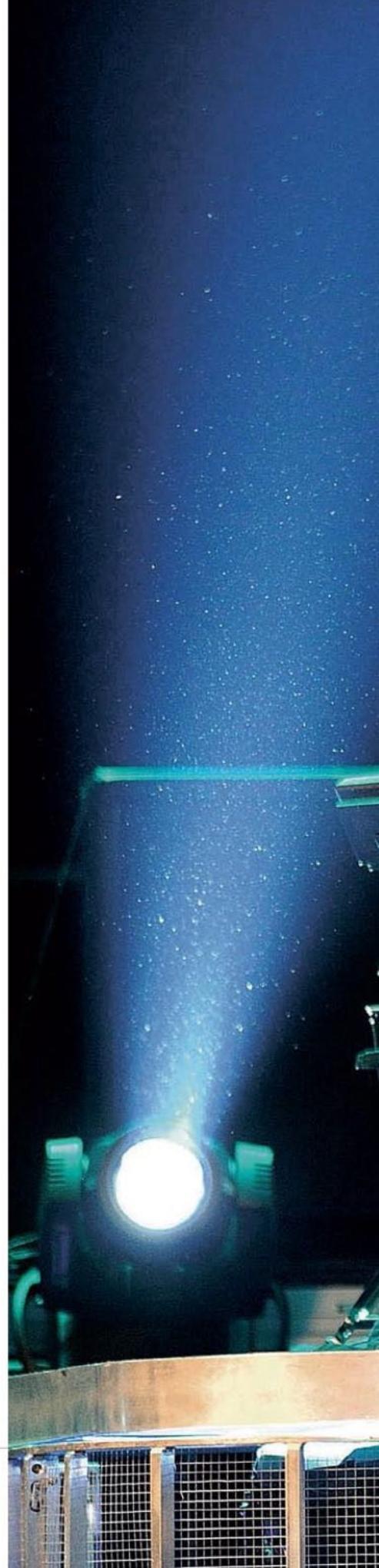
# Activité interne

Les nerfs ne se contentent pas d'enregistrer les sensations. Ils contrôlent aussi les mouvements internes et externes du corps. La plupart des impulsions d'un mouvement volontaire démarrent dans la zone motrice primaire du cerveau. Les signaux passent à travers les nerfs crâniens (vers le visage et la tête) et à travers les nerfs spinaux (vers le reste du corps) avant d'atteindre les muscles. Au terme de ce déplacement, les terminaux des nerfs moteurs forment des dérivations avec les cellules musculaires dont ils stimulent les contractions. Ces mouvements volontaires conscients se répandent à travers le système nerveux somatique.

**Actions involontaires** Les tâches de maintenance interne du corps – rythme cardiaque, digestion, sudation, ouverture ou constriction des vaisseaux sanguins, dilatation

ou contraction des pupilles – sont le domaine du système automatique. Les neurones sensoriels, au plus profond des vaisseaux sanguins et des organes, envoient au cerveau des informations sur l'état interne de l'organisme, comme la pression sanguine et les niveaux d'oxygène.

Ce qui rend si particulier le système automatique, c'est son débit et son activité motrice. Administrant les muscles lisses, le muscle cardiaque et certaines glandes, les neurones moteurs autonomes sont classés en systèmes sympathique ou parasympathique. D'une manière générale, la partie sympathique active les organes en réponse à de fortes émotions, tandis que la partie parasympathique inhibe l'activité et préserve les ressources au repos. La plupart des organes reçoivent des signaux des deux systèmes. Dans les situations de stress, le corps est littéralement tirailé entre les deux systèmes.



**Le saviez-vous ?**  
**Le clignement des yeux est régi par un « centre du clignement », au plus profond du cerveau.**

### **Transpiration automatique**

Bruce Springsteen sue à grosses gouttes pendant un concert en Caroline du Nord. La transpiration est un acte involontaire contrôlé par le système nerveux automatique.





#### Du nez au palais

Le sens du goût dépend fortement de l'odeur, comme peuvent l'attester les amateurs de vin.

À droite : les sons transmis par des écouteurs nuisent à l'ouïe s'ils ne sont pas correctement réglés.

# Les sens

Si on nous demande de nommer les sens, la plupart d'entre nous en énumèrent cinq : le toucher, la vision, l'ouïe, l'odorat et le goût. Mais les physiologistes les classifient dans des groupes différents. Ainsi, les sensations tactiles – toucher, pression, douleur et vibration – s'appellent les sens généraux. La vision, l'odorat, le goût, l'ouïe et l'équilibre, quant à eux, sont regroupés sous l'appellation de sens spécifiques. Tous sont associés à des récepteurs spéciaux dans la tête.

**Les sens spécifiques** Parmi ces sens, la vision est probablement le plus important. L'œil abrite environ 70 % des récepteurs sensoriels du corps et près de la moitié du cortex cérébral se consacre exclusivement au traitement visuel.

Les sens spécifiques du goût et de l'odorat sont étroitement liés. Ils enregistrent les sensations par le biais de chimiorécepteurs, qui détectent les substances chimiques.

Le goût se limite, semble-t-il, à cinq qualités fondamentales : le sucré, l'acide, le salé, lamer et l'umami (le savoureux) – mais les récepteurs dans le nez détecteraient jusqu'à 10 000 odeurs différentes.

Les structures semi-circulaires et remplies de liquide dans l'oreille interne gèrent l'ouïe et l'équilibre. L'équilibre supervise la posture et la position du corps en rapport avec la gravité, ainsi que l'accélération en ligne droite, comme quand on se trouve dans une voiture qui démarre ou accélère brutalement. ☺

## Garder la forme

### Trop de son nuit au son !

Les cellules ciliées, qui enregistrent les vibrations dans vos oreilles, sont des instruments fragiles. Les sons supérieurs à 15 décibels peuvent faire des dégâts irrémédiables : tondeuses à gazon, sèche-cheveux, motocyclettes et tronçonneuses peuvent atteindre ces limites, ainsi que les systèmes audio des cinémas, des boîtes de nuit et des concerts de rock.

Les lecteurs MP3 à écouteurs font partie des coupables les plus insidieux. Ils peuvent atteindre 115 décibels et, comme le son diffusé n'est pas d'une grande qualité, on pousse souvent le volume au maximum. Si les personnes autour de vous entendent votre musique ou que vous n'entendez aucun autre son, sachez que vous êtes en train d'abîmer votre ouïe. Ne montez pas le volume à plus de 60 % de sa capacité, ou offrez-vous des écouteurs à réduction de bruits : le son étant meilleur, on n'est pas obligé de pousser le volume à fond.



### Le saviez-vous ?

La rétine de l'œil contient 125 millions de photorécepteurs, ou cellules sensibles à la lumière.

# Messagers chimiques

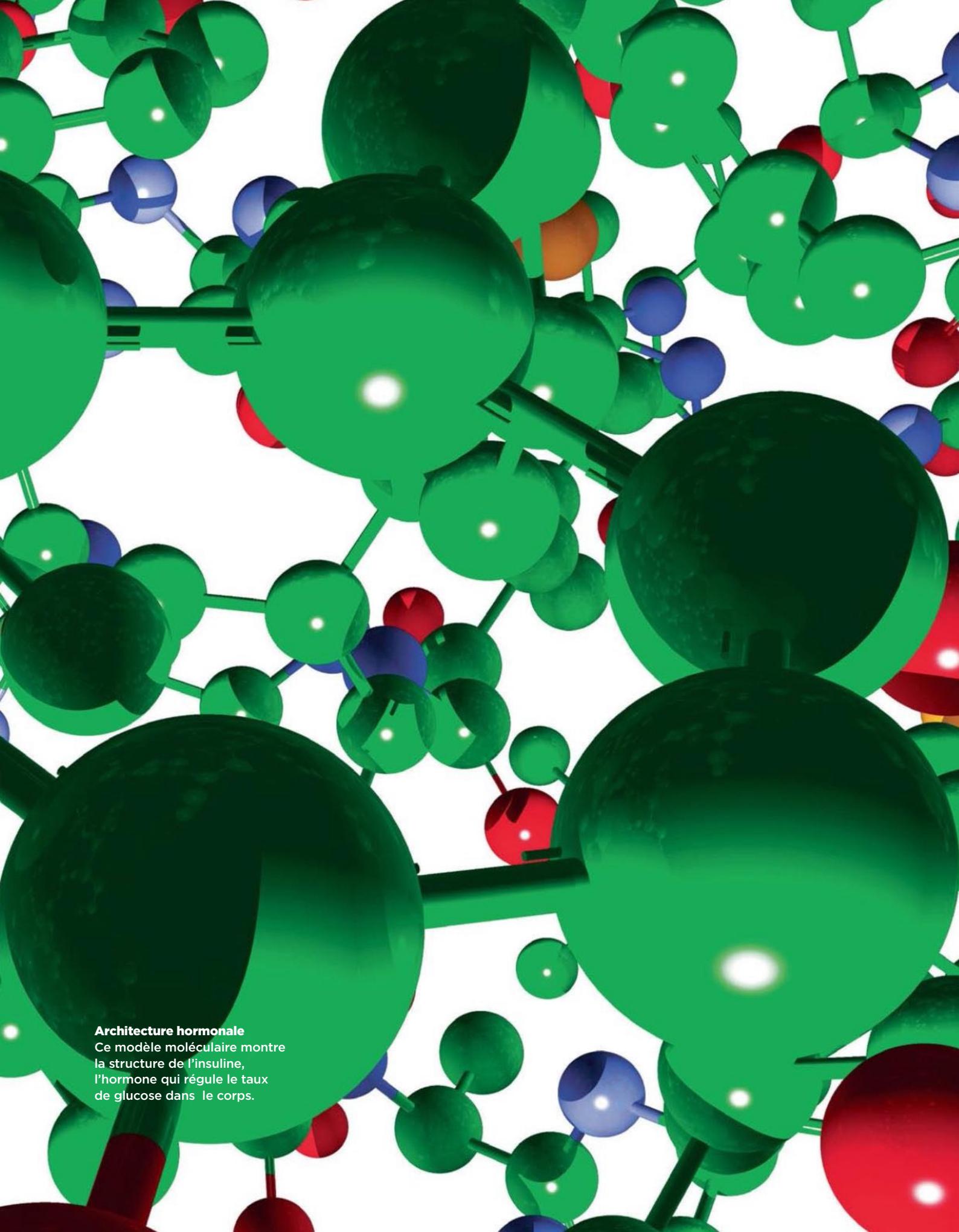
Le corps humain dispose de nombreux modes de communication d'un système corporel à l'autre. Le système nerveux fonctionne comme un réseau téléphonique fixe, avec des neurones transmettant des impulsions électriques à travers les fibres. Le système endocrinien est sa contrepartie sans fil : ses signaux sont les produits chimiques qu'il relâche dans le sang, spécifiquement des hormones qui ne se connectent pas à leurs cibles directement. Beaucoup d'hormones différentes circulent en même temps dans le sang ; toutes cherchent des cellules cibles dotées de récepteurs spéciaux qui ne retiennent que des signaux spécifiques.

**Glandes** Les organes du système endocrinien, la plupart connus sous le nom de glandes, sont petits et éparsillés dans le corps ; ils peuvent être aussi minuscules qu'une cellule unique ou un groupe de cellules. Il existe deux types de glandes : exocrines et endocrines.

Les premières ont des conduits, et elles produisent des sécrétions non-hormonales – comme la sueur et la salive – qu'elles libèrent dans des endroits spécifiques – la peau ou la bouche. Les glandes endocrines sont spécialisées dans la production d'hormones. Elles n'ont pas de conduits ; elles relâchent leurs sécrétions dans le fluide interstitiel qui baigne les cellules. Ensuite, les hormones se propagent dans les capillaires et le flux sanguin.

Le système endocrinien régule le métabolisme de manière discrète. Pour autant, il gère quelques-uns des processus les plus importants de la vie humaine, notamment la croissance, la digestion et la reproduction. L'évidence de son impact devient spectaculaire quand le corps entre dans l'adolescence et entame sa traversée vers la puberté. Alors, les hormones (l'oestrogène chez la femme, la testostérone chez l'homme) transforment les filles en femmes et les garçons en hommes.

53  
**Le saviez-vous ?**  
**Le mot hormone**  
**vient du grec *hormon*,**  
**« exciter ».**



### Architecture hormonale

Ce modèle moléculaire montre la structure de l'insuline, l'hormone qui régule le taux de glucose dans le corps.

# Le système endocrinien

Disséminées à l'intérieur du corps, les glandes endocrines, qui sécrètent les hormones, sont petites, mais puissantes. Elles incluent l'hypophyse, la thyroïde, la parathyroïde, la glande surrénale et la glande pinéale. D'autres organes multifonctionnels – comme le pancréas, l'hypothalamus et les gonades (les ovaires chez la femme, les testicules chez l'homme) – peuvent sécréter eux aussi des hormones. Même le foie contient des cellules productrices d'hormones. Des agglomérats de cellules graisseuses libèrent à travers le corps une hormone, la leptine, qui régule le stockage des graisses, ainsi que l'appétit. Des plaques de cellules productrices d'hormones tapissent les parois d'autres organes majeurs comme l'estomac, les intestins, les reins et le cœur.

**Contrôleurs centraux** La glande pituitaire et l'hypothalamus jouent le rôle de régie centrale d'une grande partie de notre métabolisme. L'hypothalamus est une région

du cerveau, et pas un organe en tant que tel. Il produit néanmoins et libère des hormones qui contrôlent d'autres glandes. Certaines hormones stimulent l'activité – comme la croissance – tandis que d'autres l'inhibent. Pourquoi ces réactions opposées ? Les deux réponses hormonales illustrent le génie yin-yang du système endocrinien. Une fois que le corps a envoyé sa réponse – par exemple la croissance des os de l'enfant – un temps arrive, comme à l'âge adulte, où cet effet doit cesser. L'hypothalamus est un maître équilibriste qui maintient le corps bien accordé au bon moment. L'hypothalamus contrôle la glande pituitaire, qui est grosse comme un pois et se situe à la base du cerveau. Cette minuscule merveille secrète pas moins de neuf hormones, lesquelles contrôlent à leur tour d'autres glandes régulant la croissance, la reproduction, la production de lait chez la femme et les fonctions rénales, entre autres. ☺



54

Le saviez-vous ?

Ivar Sandström a découvert la glande parathyroïde en 1880, mais on ne l'a pas cru parce qu'il n'était qu'un étudiant.



#### Sur les ailes de l'adrénaline

Dans les moments d'excitation ou de peur, les glandes surrénales libèrent l'hormone de l'adrénaline. Elle prépare le corps à combattre ou à « planer ». Ci-dessous : L'insuline vue sous une forme cristalline telle qu'elle se révèle à la lumière polarisée d'un micrographe.

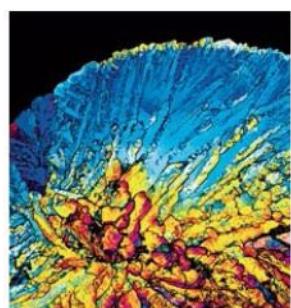
## Zoom santé

### Le diabète

Environ 99 % des tissus du pancréas sécrètent des enzymes digestives qui décomposent les aliments. Le 1 % restant est responsable du glucagon, une hormone qui élève les taux de glycémie, et l'insuline, laquelle diminue les taux de glucose.

Quand ce 1 % du pancréas se détériore, il ne relâche plus assez d'insuline et le corps ne peut plus traiter le sucre. Il y a trop de glucose dans le sang et les cellules manquent de ce dont elles ont besoin. C'est le diabète de type 1.

Le diabète de type 2 est moins sévère, mais toujours dangereux. Les personnes souffrant de ce diabète fabriquent suffisamment d'insuline, mais ils ne peuvent plus l'utiliser correctement. S'il n'est pas traité, le déséquilibre glycémique causé par le diabète peut avoir une foule de conséquences graves, dont les maladies cardiaques, les lésions nerveuses et la cécité.





#### Du carburant pour le corps

Une alimentation riche en fruits et légumes assure le bon fonctionnement du corps.



CHAPITRE

3

# Comment le corps se nourrit et se défend

Réglé comme une machine efficace, le corps humain se consacre en grande partie à absorber et à consommer de l'énergie. Trois systèmes interconnectés – digestif, circulatoire et respiratoire – s'y emploient sans relâche. Ils assimilent la nourriture, apportent de l'oxygène pour aider à brûler les aliments au niveau cellulaire, et font circuler l'oxygène et les nutriments à travers le corps. Notre métabolisme de base, notre activité physique et l'énergie nécessaire pour transformer les aliments nécessitent en moyenne de 1600 à 2000 calories par jour. Pendant ce temps, le corps filtre et rejette continuellement des déchets tels que la nourriture indigeste, les toxines et le gaz carbonique.

Le système immunitaire a pour tâche de protéger l'ensemble de l'organisme pendant toutes ces activités. Son fonctionnement, complexe et puissant, n'est encore que partiellement connu. Nous savons qu'il commence par des barrières physiques comme la peau, passe à des réactions de défense immédiate des cellules sanguines et y ajoute des réponses spécifiques au cours desquelles le corps apprend à reconnaître les envahisseurs et se prépare à les détruire à la prochaine invasion.

# Expérience

Chimie digestive

## Le test de l'acidité



### Étape 1.

Versez une boisson gazeuse d'une bouteille fraîchement ouverte dans un verre. Remplissez le verre presque jusqu'en haut.

### Étape 2.

Plongez la langue dans le soda et gardez-la immergée un moment. Combien de temps pouvez-vous tenir ?

**Et maintenant tournez la page.**







**Attaque carbonique**

Le goût âcre du soda  
devient vite désagréable si  
on y maintient la langue.

# Que s'est-il passé

La plupart des gens ne tiennent pas une minute. La sensation âcre du soda sur la langue devient rapidement douloureuse.

Pourquoi ? Parce que la bouche est un laboratoire chimique dont la mission est d'analyser les aliments. Dans le cas présent, l'anhydrase carbonique, une enzyme contenue dans la salive, transforme le gaz carbonique contenu dans la boisson en acide carbonique. D'habitude, quand nous sirotons une boisson gazeuse, elle pétille dans la bouche ; la légère quantité d'acide carbonique lui donne simplement un piquant agréable. Mais quand on plonge la langue dans le soda, l'acide se concentre à la surface de l'organe et devient excessivement piquant.

D'ailleurs, les bulles n'ont pas de rapport avec cette sensation. L'expérience a été réalisée auprès de volontaires alors qu'ils étaient dans un compartiment à haute pression qui empêchait la formation des bulles. Le soda conservait son âpreté caractéristique.

**Le saviez-vous ?**  
Un Français passe, en moyenne, 2h22 par jour à manger, soit 7,2 années durant son existence.

# Le pouls de la vie

L'appareil circulatoire, ensemble polyvalent du corps, a trois missions essentielles : le transport, la protection et le refroidissement du sang. Le sang transporte de l'oxygène, des nutriments et des hormones vers les tissus, et rejette le gaz carbonique et d'autres déchets. Il contient aussi des cellules immunitaires qui combattent les virus, les bactéries ainsi que d'autres envahisseurs. Les plaquettes et les agents coagulants du système sanguin se précipitent vers les zones de lésions et les isolent en quelques minutes. Le sang répand la chaleur dans tout le corps, contribuant ainsi à rafraîchir le cerveau et d'autres organes travailleurs.

**Tout commence par le cœur** Cet organe est le moteur central de la circulation sanguine. Masse de muscle de la grosseur d'un poing

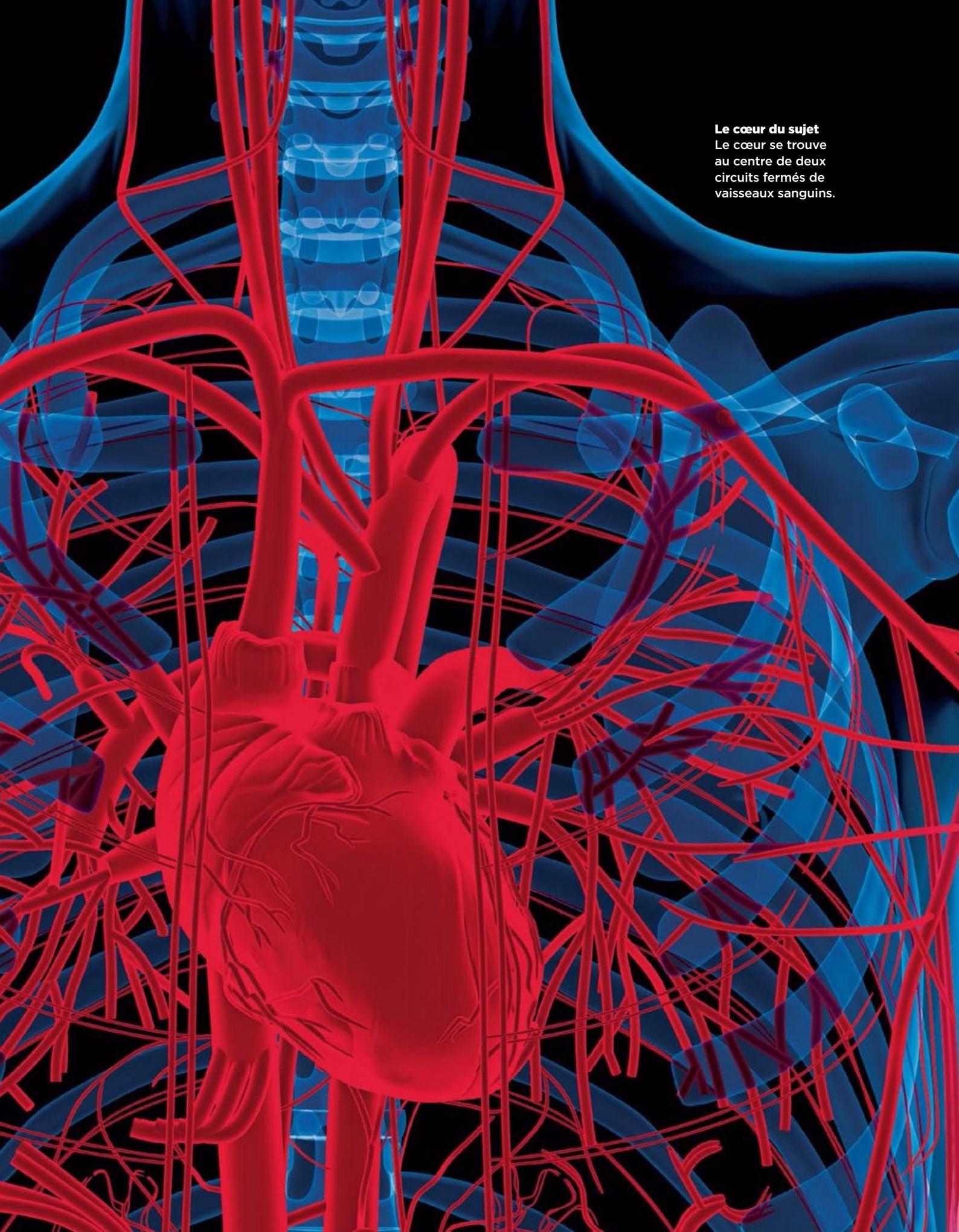
et de forme conique, il est blotti entre les poumons, du côté gauche de la poitrine. Un réseau fermé – deux réseaux, en réalité – de vaisseaux sanguins est relié au cœur. Le côté gauche du cœur envoie le sang vers toutes les parties du corps, sauf les poumons, tandis que le côté droit alimente uniquement les poumons.

Les plus gros vaisseaux sanguins sont les artères, de gros tubes élastiques qui acheminent le sang du cœur. Elles se ramifient en de plus petits conduits, les artérioles, qui mènent à un fin réseau de minuscules vaisseaux sanguins appelés capillaires, où l'oxygène et les nutriments sont échangés avec les tissus. Leur tâche accomplie, les capillaires se fondent en de minuscules veines, les veinules, qui se raccordent à des veines plus importantes qui ramènent le sang vers le cœur.



56

Le saviez-vous ?  
Quatre à cinq litres  
de sang circulent dans  
le corps d'un adulte.



**Le cœur du sujet**  
Le cœur se trouve  
au centre de deux  
circuits fermés de  
vaisseaux sanguins.

# Les cellules sanguines

Bien qu'il soit un fluide, le sang est également un tissu conjonctif dont les cellules individuelles sont en suspension dans du plasma liquide. De couleur jaune paille, le plasma est essentiellement constitué d'eau, mais il contient également des substances dissoutes telles que des nutriments, des hormones ou des gaz. Ce fluide représente presque 55 % du système sanguin. Il transporte ce qu'on appelle les éléments figurés du sang, à savoir les globules rouges, les globules blancs et les plaquettes; ils constituent moins de 1% des cellules totales, mais sont essentiels à la vie.

**Les globules rouges** Les globules rouges n'ont qu'une fonction : transporter les gaz respiratoires vers et depuis les tissus du corps. Les molécules d'hémoglobine présentes dans ces cellules contiennent un pigment rouge qui donne sa couleur au sang. Bien que le sang humain change de couleur en circulant, il est toujours rouge. Les veines ont l'air bleues parce que les tissus qui les recouvrent filtrent la lumière rouge.

Comme les cellules sanguines ne vivent pas longtemps, elles doivent être constamment remplacées. La plupart sont produites dans la moelle osseuse, un tissu conjonctif spongieux qui se trouve dans les os. Dépourvus de noyaux et de la plupart des autres organites, les globules rouges ne durent qu'environ 120 jours avant de mourir au rythme de quelque 2 millions par seconde. ☺

## À la pointe

### Thérapie sniper

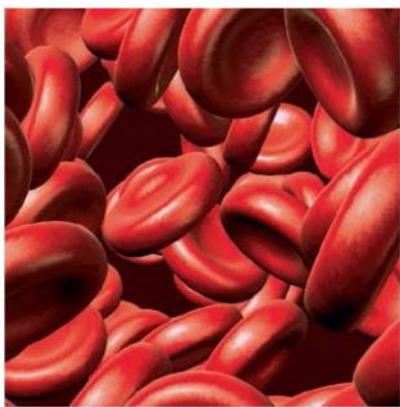
Attaquer le cancer par la chimiothérapie ou la radiothérapie revient à bombarder l'organisme : les traitements endommagent la cible, mais touchent aussi des régions saines. Cependant, des scientifiques ont mis au point des médicaments qui agissent avec plus de précision.

La thérapie ciblée progresse grâce à des découvertes dans la connaissance des gènes qui provoquent des cancers et des voies moléculaires qui guident la croissance cellulaire. Les nouveaux traitements agissent en interférant avec les processus de croissance d'une tumeur. Par exemple, le mésylate d'imatinib bloque les signaux d'une protéine anormale favorisant la croissance sur les cellules cancéreuses. Chez les patients atteints de leucémie myéloïde chronique, un cancer des globules blancs, le taux de survie s'élève aujourd'hui à environ 70 % avec ce médicament, alors qu'il ne dépassait pas 15 % dans les années 1980.



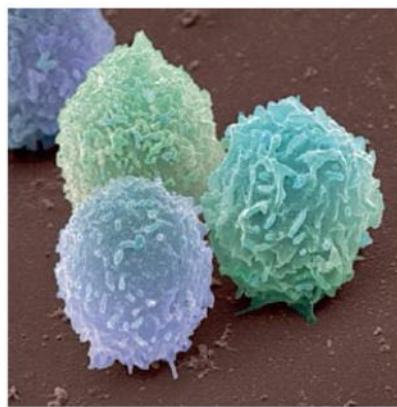
### Le saviez-vous ?

Un globule rouge fait près de 250 000 fois le tour du système circulatoire avant de mourir.



#### Les globules rouges

Ils assurent le transport de l'oxygène vers les organes. Leur forme évidée favorise les échanges gazeux.



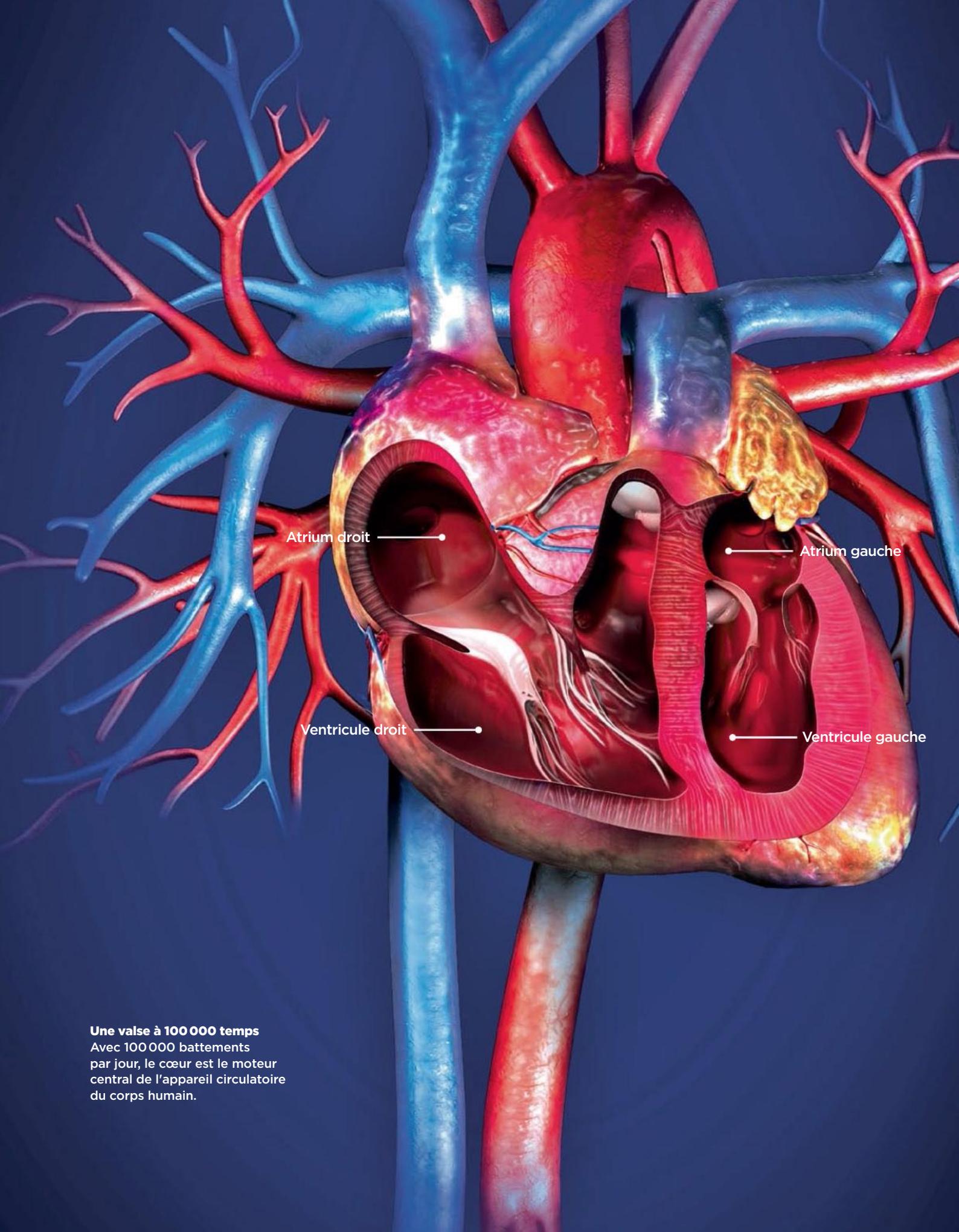
#### Les globules blancs

Ce sont les piliers du système immunitaire. Ici, deux lymphocytes (à gauche) et un neutrophile (à droite)



#### Les plaquettes

Ces petites cellules dépourvues de noyau permettent au sang de coaguler lorsqu'on se coupe.



Atrium droit

Atrium gauche

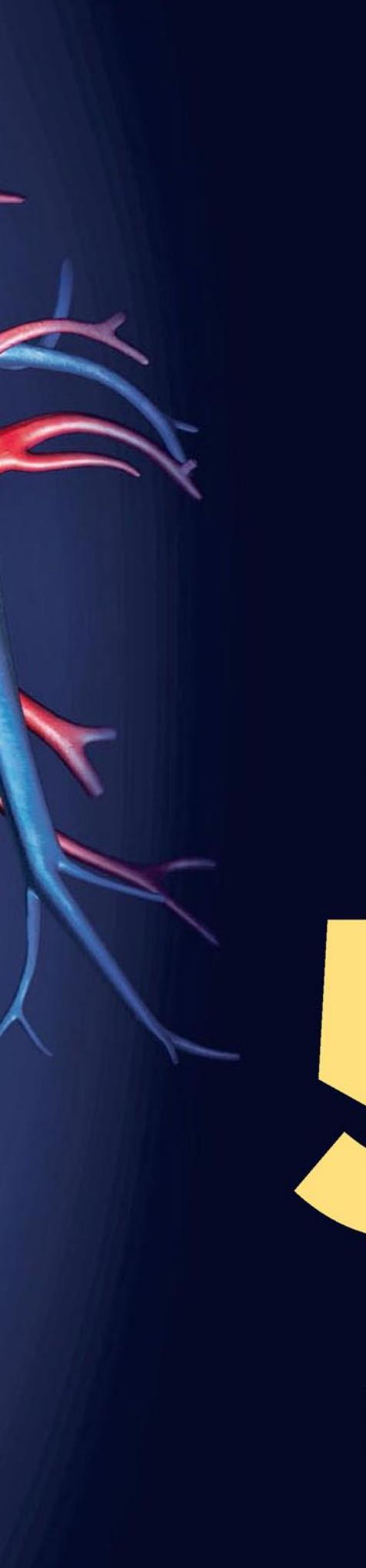
Ventricule droit

Ventricule gauche

#### Une valse à 100 000 temps

Avec 100 000 battements par jour, le cœur est le moteur central de l'appareil circulatoire du corps humain.

# Le muscle capital



Appuyez fermement deux doigts entre la cinquième et la sixième côte (en partant du haut), du côté gauche du corps. Le bruit régulier que vous sentez est votre cœur qui bat.

L'organe lui-même est une petite machine musculaire à quatre chambres. De la taille d'un gros poing, il est creux et léger : il pèse environ 227 g chez la femme adulte et 283 g chez l'homme. Il est formé de deux pompes juxtaposées : la gauche recueille le sang riche en oxygène issu des poumons et l'envoie dans le reste du corps, tandis que la droite recueille le sang pauvre en oxygène de l'organisme et l'envoie vers les poumons pour qu'il y soit oxygéné.

**Des chambres et des parois** Les chambres sont composées de deux atria – anciennement appelés

oreillettes – en haut (atrium signifie « hall d'entrée ») et de deux ventricules en dessous (ventricule signifie « petit ventre »). Les atria, séparés par une fine paroi, le septum interauriculaire, sont des salles de réception pour le sang qui revient ; à chaque battement, ils envoient ce sang à travers les valves dans les ventricules, qui sont plus volumineux et musclés, et l'éjectent du cœur. Les ventricules sont, eux aussi, séparés par une cloison : le septum interventriculaire.

Le cœur, qui se contracte et se relâche 100 000 fois par jour, soit 35 millions de fois par an et près de 3 milliards de fois au cours d'une vie, envoie infatigablement le sang dans tout le corps. Il assure l'oxygénation, l'alimentation, la protection et le fonctionnement de chaque cellule.

59

Le saviez-vous ?  
La colère et la peur  
accélèrent le rythme  
cardiaque d'environ  
30 à 40 battements  
par minute.

# Le cycle cardiaque

L'impulsion électrique qui enclenche le battement du cœur commence dans le nœud sinusal – appelé aussi le régulateur du rythme cardiaque –, situé dans la partie supérieure de l'atrium droit. Ce minuscule morceau de tissu est composé de fibres autorhythmiques, des cellules cardiaques spécialisées qui absorbent et rejettent du calcium et d'autres substances conductrices, les électrolytes sanguins. L'impulsion électrique produite par les cellules du nœud sinusal se propage à travers les parois des atria en se déplaçant d'une cellule cardiaque à l'autre au moyen de jonctions communicantes. Le signal déclenche la contraction des cellules musculaires des atria à intervalles réguliers, action qui propulse le sang dans les ventricules.

**Un battement de cœur** Le sang, qui circule continuellement dans un cœur sain, va de régions où la pression est plus élevée à des régions où elle est moins élevée. Le sang appauvri en oxygène pénètre dans l'atrium droit, est envoyé dans le ventricule droit puis, via l'artère pulmonaire, vers le poumon pour absorber de l'oxygène. Il retourne par la veine pulmonaire dans l'atrium gauche, pénètre dans le ventricule gauche lors de la contraction suivante, et part dans l'organisme via l'aorte. L'ensemble de la séquence liée à un battement de cœur s'appelle le cycle cardiaque. Il dure environ 0,8 seconde et éjecte quelque 60 ml de sang de chaque ventricule.

## Zoom santé

### La crise cardiaque

Certaines crises cardiaques frappent silencieusement. Les victimes (si elles survivent) ignorent même qu'elles se sont produites. Le plus souvent, on ressent une sorte d'inconfort thoracique. Les symptômes peuvent ressembler à une indigestion sévère, à un étouffement enserrant la poitrine ou à une pression si forte qu'on a l'impression d'avoir un éléphant assis sur la poitrine. La douleur peut irradier dans les bras, les épaules, la mâchoire ou le torse. La nausée, l'essoufflement, une transpiration abondante et des vertiges constituent d'autres symptômes alarmants. La scène où l'on voit une personne s'étreindre la poitrine, tomber par terre et mourir se produit rarement en réalité.

En fait, presque la moitié des décès dus à une crise cardiaque se produisent à l'extérieur de l'hôpital. Trop souvent, le déni et la gêne empêchent les malades d'appeler à l'aide. Même lorsqu'ils reconnaissent leurs symptômes, seuls 50 % appellent une ambulance. Conseil du médecin : n'ayez pas peur d'avoir l'air ridicule en composant le 15 !



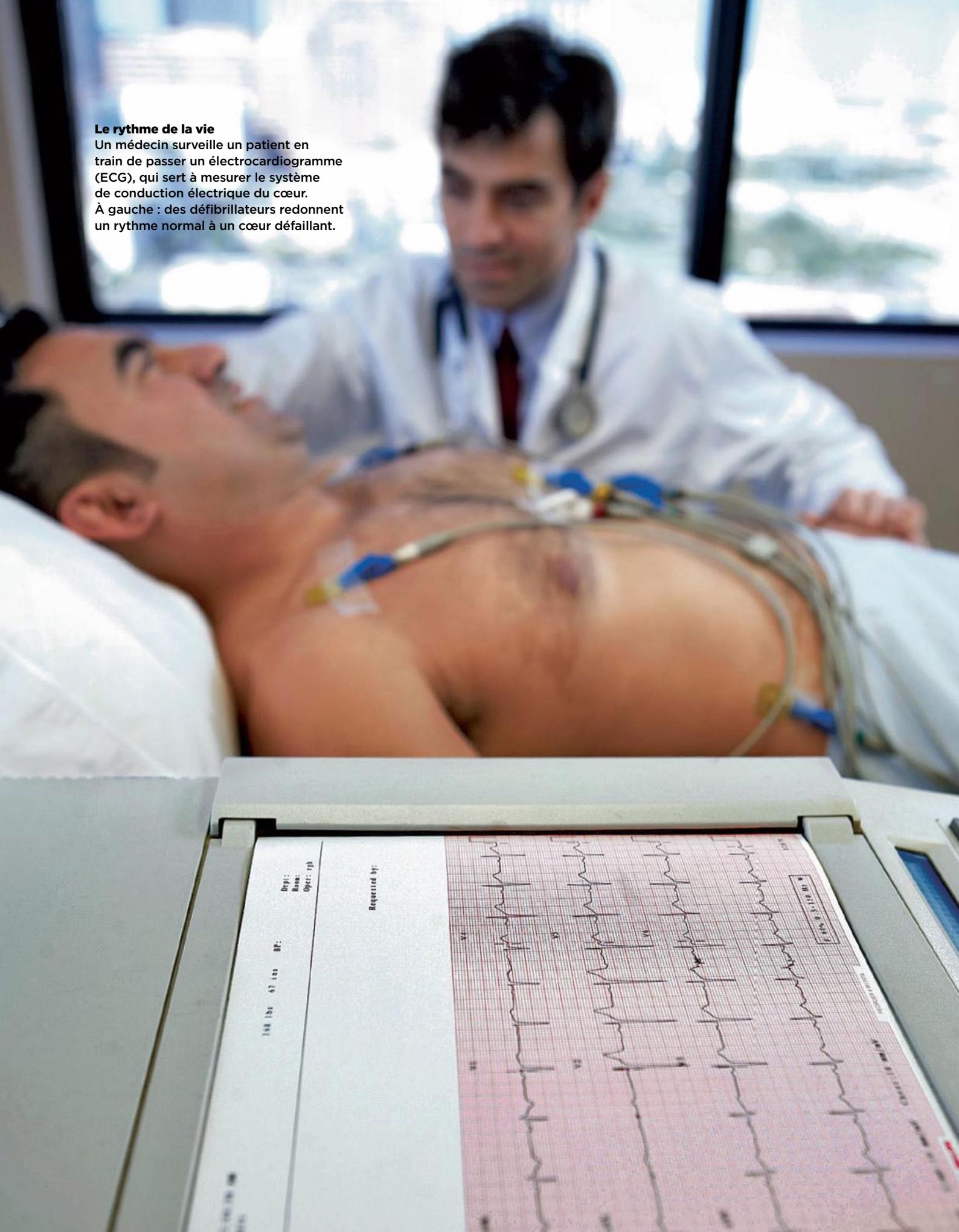
### Le saviez-vous ?

**Des fibres musculaires cardiaques isolées reproduites en culture cellulaire battent spontanément.**

### **Le rythme de la vie**

Un médecin surveille un patient en train de passer un électrocardiogramme (ECG), qui sert à mesurer le système de conduction électrique du cœur.

À gauche : des défibrillateurs redonnent un rythme normal à un cœur défaillant.



# Les vaisseaux sanguins

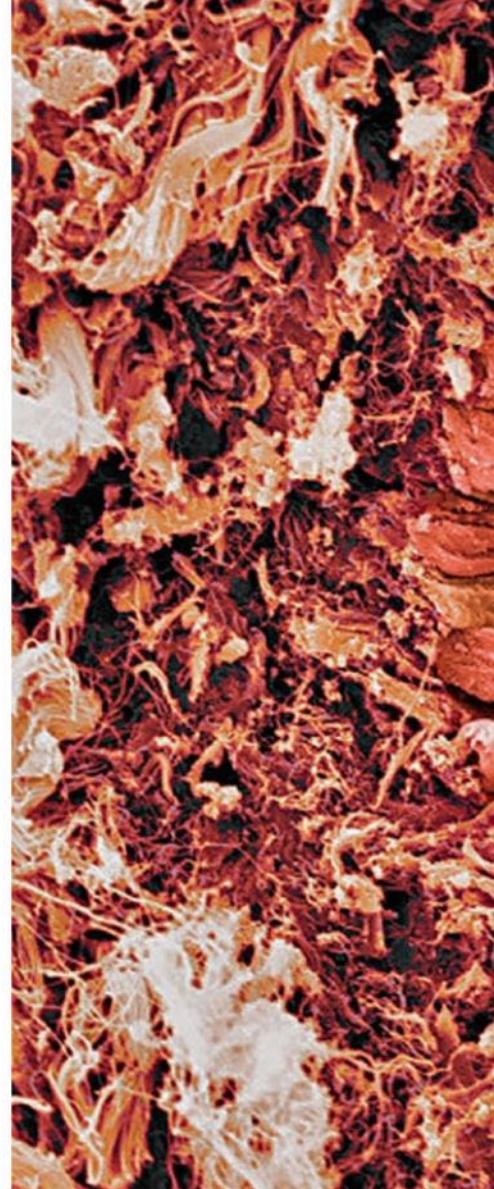
Fonctionnant en circuit fermé, l'appareil circulatoire comprend des milliers de kilomètres de vaisseaux sanguins qui atteignent pratiquement toutes les cellules de l'organisme. Trois types de vaisseaux sanguins – les artères, les veines et les capillaires – composent ce réseau complexe. Les artères acheminent le sang du cœur vers les organes; les capillaires – les plus petits conduits – l'amènent vers les tissus; et les veines le ramènent au cœur.

Les grosses artères élastiques qui sortent du cœur rejoignent des artères de taille moyenne dont les épaisses parois musculaires transportent le sang vers les organes et les membres. Empruntant des artères de plus en plus petites, le sang parvient aux artérioles, de minuscules vaisseaux aux fines parois, avant de pénétrer dans les capillaires.

**De minuscules transporteurs** Bien qu'ils soient microscopiques, les capillaires sont sans doute les éléments les plus importants de l'appareil circulatoire, car ce sont les vaisseaux qui font le travail pour lequel tout l'appareil a été élaboré. Appelés vaisseaux d'échange, les capillaires transportent des nutriments, des déchets, des gaz, des substances chimiques, et même de la chaleur, entre le sang et le liquide interstitiel.

Après avoir déposé leur chargement et collecté les déchets contenus dans les tissus, les capillaires fusionnent pour former les veinules. Celles-ci se déversent dans des veines plus grandes qui ramènent le sang désoxygéné au cœur.

L'ensemble du système est rapide et efficace : chaque cellule sanguine met environ une minute à faire le tour complet du corps. ☺



# 60

**Le saviez-vous ?**  
**Mis bout à bout,**  
**les vaisseaux sanguins**  
**de tout l'organisme**  
**mesurerait 96 500 km.**

### Un monde microscopique

La coupe transversale d'une artérite montre les globules rouges qu'elle véhicule. Ci-dessous : des chaussettes de contention peuvent prévenir la thrombose.



## Garder la forme

### Faites circuler

Les patients alités et certains passagers aériens peuvent être victimes de la thrombose veineuse profonde. Cette affection est due au sang qui circule lentement ou s'accumule dans les veines profondes de la partie inférieure des jambes ou des cuisses d'une personne immobile. Si le sang n'élimine pas les facteurs de coagulation, un caillot de sang (thrombus) peut se former et bloquer la circulation. Le membre devient sensible, gonflé, chaud et rouge.

Le caillot risque de se détacher et de gagner le cerveau ou les poumons, le cœur ou d'autres parties du corps. Des anticoagulants peuvent être prescrits aux patients alités, et les personnes sujettes à cette affection peuvent porter des bas de contention. Si vous effectuez un long déplacement en avion ou en voiture, faites des pauses régulières pour vous lever et faire circuler le sang.



# L'échange vital

Plongé dans un bain d'air, le corps absorbe de l'oxygène à chaque respiration. Chacune de ses billions de cellules a besoin de cet apport pour vivre : privée d'oxygène, une cellule cérébrale commence à mourir après 5 minutes, et d'autres tissus expirent en quelques heures.

Sur le plan biologique, la respiration est loin de se limiter à l'acte de respirer. Elle englobe l'ensemble du processus par lequel l'oxygène est distribué aux cellules et utilisé pour décomposer les aliments en glucose, libérant ainsi de l'énergie. La respiration élimine aussi ses propres déchets toxiques – le gaz carbonique – à chaque expiration. La respiration sert aussi, entre autres, à déplacer de l'air sur les cordes vocales pour produire la parole, et à attirer les odeurs dans le nez.

**Les zones respiratoires** Le système respiratoire peut être divisé en deux

zones : conductrice et respiratoire. La partie conductrice comprend tous les tubes et conduits qui amènent et expulsent des gaz du corps. Elle commence par le nez et la bouche, descend dans le pharynx (la gorge), le larynx (la boîte vocale), puis pénètre dans la trachée. Ce conduit se ramifie comme un arbre à l'envers dans les poumons, où il se répartit en voies respiratoires de plus en plus petites, les bronches et les bronchioles.

La zone respiratoire est composée des tissus pulmonaires où se produisent les échanges gazeux. Elle comprend les plus petites des bronchioles et les alvéoles, des poches d'air fragiles accrochées aux alvéoles comme des grappes de raisin. Les capillaires qui recouvrent les sacs alvéolaires absorbent de l'oxygène et rejettent du gaz carbonique à travers les parois alvéolaires, qui sont poreuses.

Le saviez-vous ?

Au repos, la plupart des individus respirent de 8 à 16 fois par minute.



**Besoin d'air**

Après avoir retenu son souffle environ une minute et demie, cette plongeuse devra remonter à la surface... ou mourir.

# Des machines à respirer

Les poumons sont les organes centraux de la respiration. Ils ont pour fonction de permettre les échanges gazeux entre le corps et l'air ambiant. Ils sont si légers qu'ils flottent dans l'eau. Cette légèreté est peut-être leur caractéristique essentielle : en effet, ils sont remplis de millions de poches d'air, ou alvéoles, qui constituent une immense surface pour faire entrer et sortir les gaz du système sanguin.

Ces organes spongieux, au nombre de deux, ont une forme conique. Ils occupent la plus grande partie de la cage thoracique, derrière les côtes, et sont reliés aux voies aériennes supérieures par la trachée. Légèrement asymétrique, le poumon gauche est plus petit que le droit d'environ 10 %, car il contient l'incisure cardiaque, une échancrure où se loge le cœur. Mais le poumon droit est plus court que le gauche,

car le foie pousse le diaphragme vers le haut, sous sa base.

**Les lobes et lobules** Les poumons sont divisés en parties, ou lobes : trois dans le poumon droit (supérieur, moyen et inférieur) et deux dans le gauche (supérieur et inférieur). Chaque lobe est alimenté en air par sa propre bronche, et chacun possède sa propre artère et sa propre veine. Les lobes sont subdivisés en segments puis en lobules, qui sont environ 130 000 dans chaque poumon. Ces structures polyédriques donnent aux poumons leur aspect légèrement grumeleux et carrelé.

Les deux poumons sont recouverts par une double membrane remplie de liquide, la plèvre. Sous les poumons, le muscle diaphragme, en forme de dôme, se contracte et se détend pour gonfler et relâcher les poumons au cours de la respiration. ☺

Le saviez-vous ?  
Plus de 10 000 litres d'air passent à travers les poumons quotidiennement.





**Puissance du souffle**

L'expiration n'est pas seulement utile pour souffler les bougies du gâteau d'anniversaire. Elle sert aussi à rejeter le gaz carbonique de l'organisme à la fin du processus de la respiration.



**Ca commence avec les dents**

Dès que l'on croque et que l'on mâche une pomme, le processus de la digestion commence.

À droite: les intestins sont directement impliqués dans les problèmes d'obésité.

# Carburant et filtre

Transformer notre petit déjeuner en carburant est la tâche du système digestif. Le voyage s'effectue dans le tractus gastro-intestinal, ou canal alimentaire, un tube de 9 m de long qui part de la bouche, où les aliments sont broyés, mélangés à des substances chimiques et broyés de nouveau jusqu'à ce que le corps en ait extrait le moindre élément nutritif.

Les dents commencent le processus de décomposition en déchirant et en écrasant les aliments. Les glandes salivaires sécrètent de la salive et du mucus pour réduire ces aliments en une pâte molle. Des réflexes musculaires les poussent dans l'œsophage en direction de l'estomac. Les sucs gastriques acides les transforment en une bouillie qui est ensuite barattée jusqu'à ce qu'elle passe dans l'intestin grêle.

**La digestion** La plus grande partie de la digestion se produit dans les 3 m de l'intestin grêle, avec l'aide du foie, du pancréas et des glandes situées à l'intérieur de l'intestin lui-même. Des millions de minuscules saillies, les villosités, augmentent la surface de l'intestin grêle d'environ huit fois, jusqu'à atteindre environ 190 m<sup>2</sup>. Les nutriments passent à travers les pores des villosités pour pénétrer dans les capillaires et ainsi dans le système sanguin. L'intestin grêle rejoint le gros intestin, ou côlon. La fonction principale de ce dernier est de rejeter les déchets en dehors du corps.

## À la pointe

### Le pouvoir des bactéries

Récemment, des scientifiques ont pris conscience que le corps humain est un véritable « nid à microbes » ambulant. Environ 100 000 milliards de bactéries vivent dans et sur notre organisme, surtout dans l'intestin. Presque toutes ont des effets soit utiles soit neutres. Les chercheurs pensent aujourd'hui que ces microbes peuvent avoir des répercussions plus importantes sur la santé qu'on ne le pense ; ils influent sur tout, de l'immunité à la santé mentale.

L'un des domaines les plus fascinants de la recherche médicale s'intéresse au lien entre bactéries intestinales et obésité. Dans une étude, on a injecté des bactéries intestinales provenant de vrais jumeaux – un gros, un mince – chez des souris. Les rongeurs qui ont reçu les bactéries du jumeau obèse ont grossi ; ceux qui ont reçu les bactéries du jumeau mince sont restés minces. En outre, les souris qui avaient grossi ont retrouvé du poids quand elles ont reçu les bactéries d'une souris mince.



**Le saviez-vous ?**  
**Un repas moyen met entre 15 heures et 2 jours à traverser le système digestif.**

63

# Le saviez-vous ?

**64** Le cœur propulse le sang à travers l'aorte à la vitesse d'environ 1,6 km/heure.

La température moyenne du sang est de **38 °C**.

**66** L'adulte moyen émet des gaz 14 fois par jour.

Si elles étaient mises à plat, les **alvéoles** (des sacs d'air présents dans les poumons) couvriraient une surface d'environ **80 m<sup>2</sup>**.

Le lait de vache, les arachides, le blanc d'œuf, le blé et le soja représentent **90 %** des allergies.

**68**

Le sang **qui sort** des poumons est rouge vif ; le sang **qui retourne** vers le cœur est bordeaux foncé.

**70** Pendant l'effort, plus de sang afflue dans les muscles squelettiques et moins vers les intestins.

Les personnes qui pratiquent la **réanimation cardio-pulmonaire** doivent se concentrer sur les compressions thoraciques ; les organes peuvent vivre pendant plusieurs minutes avec l'oxygène présent dans l'organisme.

**65**

**67**

**69**

**71**

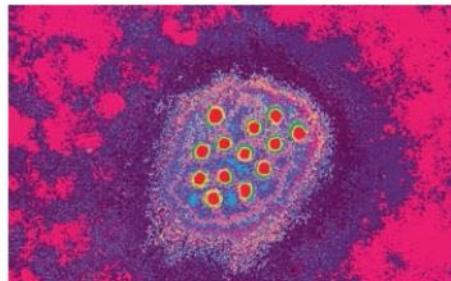
# Les organes digestifs

Pour assurer la digestion, l'intestin grêle est aidé essentiellement par trois organes : le foie, le pancréas et la vésicule biliaire.

Organe polyvalent, le foie est la glande la plus volumineuse du corps, avec un poids de 1,3 kg. Il est en grande partie niché dans la partie droite de la cage thoracique, juste en dessous du téton. Ses nombreuses fonctions comprennent la synthèse des protéines pour le plasma sanguin, l'élimination des toxines du sang, le stockage du glycogène et du fer, la destruction des vieilles cellules sanguines et la production de vitamine D. Il fabrique aussi la bile, qui décompose les graisses pendant la digestion.

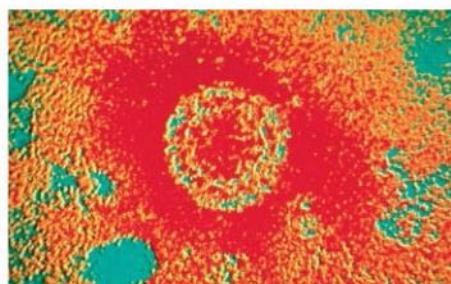
**La vésicule biliaire** Elle se présente sous la forme d'un sac vert, musculaire, de la grosseur d'une prune. Elle est suspendue dans un creux à l'arrière du foie et dépasse sous le lobe droit de ce dernier. Sa mission est de stocker et de concentrer la bile venant du foie.

**Le pancréas** Il mesure de 12 à 15 cm de long, et comprend un corps, une queue attenante à la rate et une tête qui se niche au creux de l'intestin grêle. Le pancréas produit des enzymes digestives et les sécrète dans l'intestin grêle. Là, les enzymes décomposent les féculents, les protéines et les graisses. Le pancréas fait aussi fonction de glande endocrine, libérant des hormones comme l'insuline et le glucagon pour réguler le taux de sucre dans le sang.



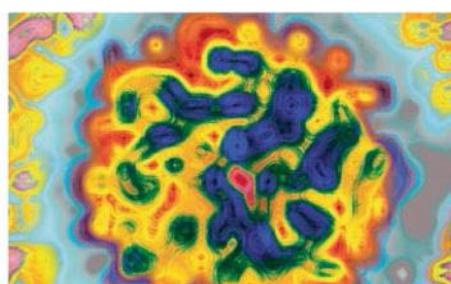
## L'hépatite A

De minuscules virus (en rouge) provoquent la maladie, qui se transmet par l'eau et le sang contaminés.



## L'hépatite B

Le virus de l'hépatite B se transmet par le sang. Dans les cas graves, il peut entraîner une cirrhose et la mort.



## L'hépatite C

Ce virus se transmet aussi par le sang. Il n'existe pas de vaccin actuellement.

Le saviez-vous ?

Le foie est le seul organe capable de se régénérer spontanément.

**Eau de vie**

Il est essentiel de bien  
s'hydrater pour assurer le bon  
fonctionnement des reins.





## Le nettoyage

On accorde peut-être plus d'attention au cœur, aux poumons et aux intestins, parce que ces organes nourrissent le corps mais, sans le nettoyage constant des voies urinaires, nous mourrions rapidement, empoisonnés et ballonnés. Soutenu par les reins, des organes multifonctions dont chacun est gros comme un jeu de cartes, l'appareil urinaire traite tout le plasma sanguin du corps plus de soixante fois par jour. Après la purification, la plus grande partie du liquide aqueux tiré du plasma repart dans le système sanguin; le reste, soit moins de 1%, est envoyé vers la vessie pour être excrété sous forme d'urine. Les reins débarrassent ainsi le corps non seulement de déchets métaboliques tels que l'ammoniaque et l'urée, mais aussi de toxines étrangères comme les médicaments et les polluants environnementaux.

**Entretien du sang** Pendant que les reins fabriquent de l'urine, ils nettoient aussi le sang en ajustant précisément sa chimie et son volume. En régulant le pH (acidité et basicité) du sang, les reins maintiennent le système sanguin et d'autres fluides en parfait état. La quantité de sel et d'eau que les reins filtrent, réabsorbent et excrètent du sang régit le volume et la pression de celui-ci. Les reins régulent aussi la pression osmotique – la concentration relative du sang comparée aux fluides extérieurs –, ainsi que la composition de tous les fluides corporels. En maintenant l'homéostasie – ou processus de régulation – des électrolytes (sels minéraux sanguins, comme le magnésium) et de l'eau dans les bonnes proportions, les reins permettent au corps humain de bien fonctionner. ☺

Le saviez-vous ?

N'en buvez pas ! Bien que l'urine soit essentiellement composée d'eau, ses toxines la rendent dangereuse à boire en cas d'urgence.

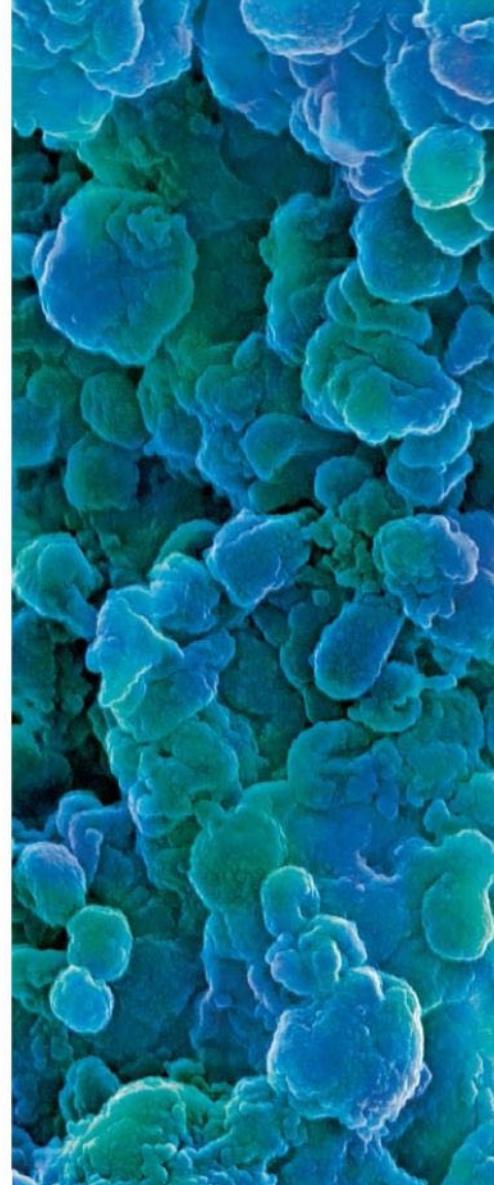
# La protection

Tous les jours, une armée d'envahisseurs potentiels attaque le corps. Ces micro-organismes, dits pathogènes, prennent la forme de virus, de bactéries, de parasites et de champignons. Le système immunitaire met en place une défense à plusieurs niveaux. Il ne se limite pas à un ensemble particulier d'organes, mais agit dans tout le corps, son travail étant effectué par les billions de cellules immunitaires et de molécules spécialisées du corps.

La première ligne de défense se trouve dans les barrières physiques que sont la peau et les muqueuses : elles arrêtent et piègent les envahisseurs. Une deuxième ligne de défense, le système naturel ou inné, est composée de cellules comprenant les phagocytes, dont la tâche principale est de dévorer les envahisseurs. En plus de ces cellules immunitaires,

de nombreux composés chimiques réagissent aux infections et aux blessures, se mobilisent pour détruire les pathogènes et commencent à réparer les tissus.

**L'apprentissage par l'expérience** La troisième ligne de défense du corps – le système adaptatif – est une réponse définitive et plus spécifique. Ses unités d'élite sont formées sur le tas, c'est-à-dire qu'elles sont créées en réaction à un pathogène que le corps n'avait pas rencontré auparavant. Une fois qu'il est activé dans une partie du corps, le système adaptatif fonctionne dans l'ensemble de l'organisme et mémorise les antigènes (qui provoquent une réponse du système immunitaire), de telle façon que, la prochaine fois qu'ils se présentent, le corps puisse riposter plus vite et plus fort.



Le saviez-vous ?

La fièvre favorise l'efficacité des globules blancs chargés d'éradiquer les virus.



#### Entreprise de nettoyage

Un macrophage protecteur (en bleu et vert) s'apprête à attaquer une bactérie de la tuberculose en progression (en violet). Ci-dessous : une femme passe un test cutané pour détecter des allergies.

## Zoom santé

### Les allergies

Chez certains individus, le système immunitaire peut être trop sensible. Le pollen, les phanères d'animaux (poils, plumes, squames...) ou des aliments qui ne sont pas intrinsèquement nocifs (comme les cacahuètes) sont interprétés par certains systèmes immunitaires comme de dangereux antigènes. Cela déclenche une réaction allergique, qui peut se traduire par des éternuements, l'inflammation de tissus et la sécrétion de mucus. Dans les cas les plus graves de choc anaphylactique, les voies respiratoires peuvent se resserrer tandis que les vaisseaux sanguins se dilatent, entraînant l'état de choc et la mort.

Pour des raisons que l'on ne comprend pas encore bien, les allergies sont en hausse dans le monde. Une des théories met en cause l'hygiène, estimant que le corps en croissance doit être exposé à une diversité de microbes et à d'autres éléments issus de l'environnement pour élaborer un système immunitaire mature.



**Domaine de la lutte**  
Les bosses et les bleus  
indiquent que les défenses  
naturelles du corps  
fonctionnent. À droite : le  
Aids Memorial Quilt est  
un patchwork confectionné  
avec les noms de personnes  
mortes du sida.



# Des cellules tueuses

Les défenses internes du corps reposent sur deux sortes de cellules agressives : les phagocytes et les cellules tueuses naturelles (ou cellules NK, de l'anglais *Natural Killer*, « tueur naturel »).

Les principaux phagocytes sont les macrophages. Littéralement « gros mangeurs », les macrophages errants se déplacent à la recherche d'infections et se régulent de microbes et de débris. Les macrophages fixes vivent dans des organes comme le foie et le cerveau. Ensuite, l'espèce de phagocyte la plus importante est le neutrophile, le type le plus fréquent de globule blanc. Une autre sorte de globule blanc, l'éosinophile, n'est pas un gros mangeur pour un phagocyte, mais il est important, car il tue des vers et d'autres envahisseurs parasitaires.

**Des assassins utiles** L'autre famille de cellules, les cellules NK, représentent de 5 à 15 % de l'ensemble des lymphocytes. Comme les phagocytes, ils se trouvent dans la rate, les ganglions lymphatiques et la moelle osseuse rouge. Ces assassins utiles peuvent détruire un certain nombre de microbes infectieux et de cellules cancéreuses en ciblant les cellules qui ont des protéines de membrane plasmique défectueuses.

Les tueuses naturelles percent des trous dans leurs cibles ; elles attaquent la membrane d'un microbe cible avec des substances chimiques appelés perforines, qui font fuir et mourir le germe.

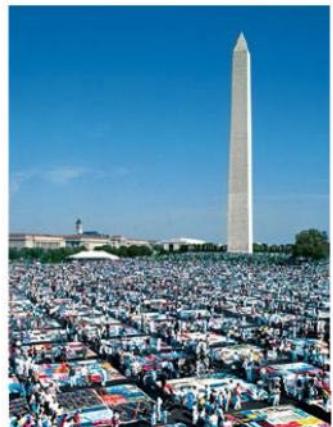
## Zoom santé

### Le sida

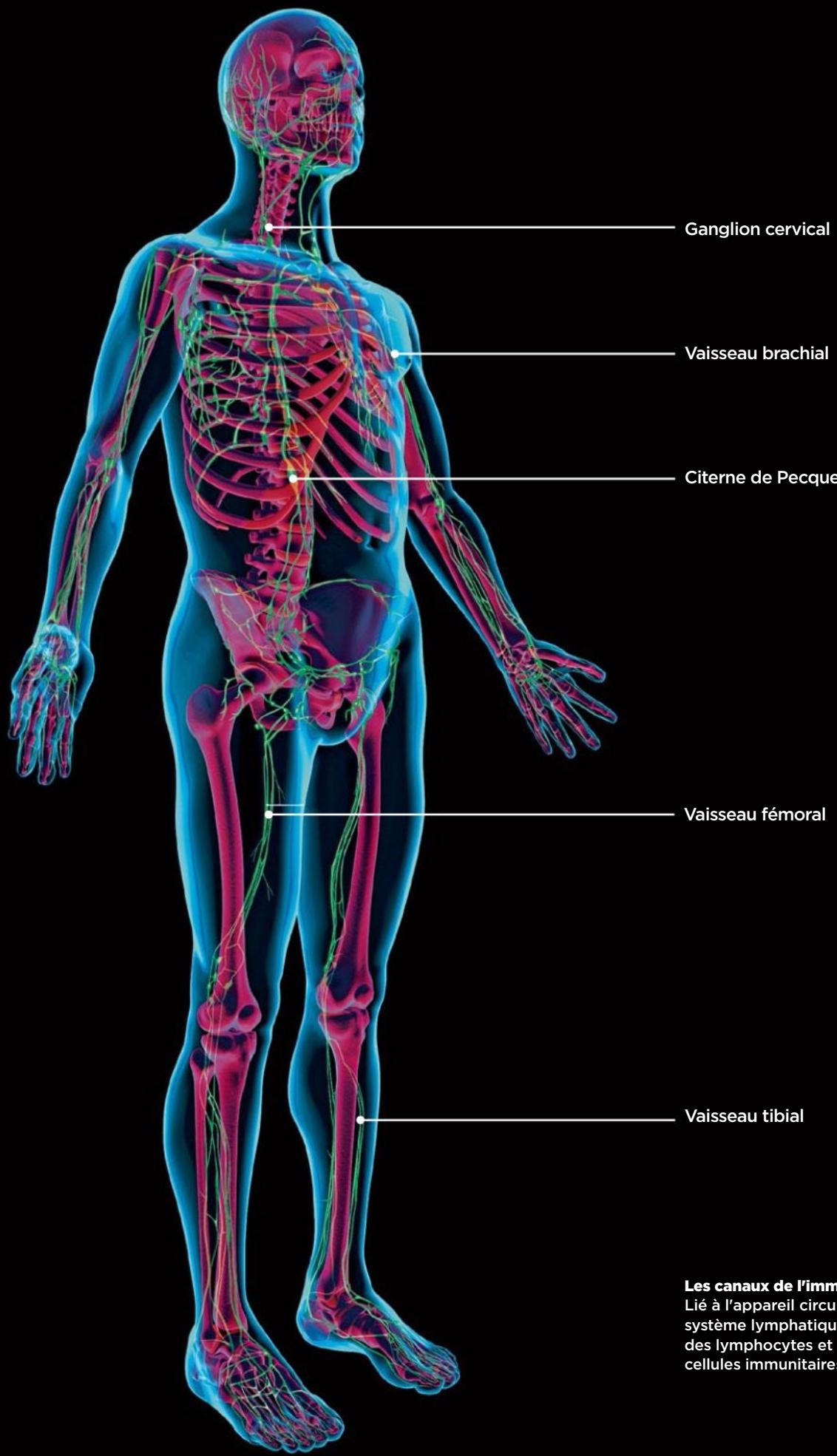
Le syndrome d'immunodéficience acquise (sida) vise le système immunitaire du corps et entrave sa capacité à se défendre contre les infections. Signalée pour la première fois en 1981, la maladie s'est propagée dans le monde entier : actuellement, plus de 34 millions de personnes vivent avec le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) dans le monde, et environ 35 millions sont décédées du sida.

Le VIH, responsable du sida, agit d'une façon presque diabolique en retournant le système immunitaire contre lui-même. Le virus est capable de pénétrer dans une cellule immunitaire, et d'y inclure son propre programme génétique. La cellule ainsi asservie fabrique à son tour de nouveaux virus, qui vont infecter d'autres cellules, jusqu'à rendre inefficace tout le système immunitaire.

Malgré la nature insidieuse du sida, les taux de survie ont augmenté de façon spectaculaire depuis que les patients ont recours à des combinaisons de médicaments puissants.



**Le saviez-vous ?**  
**Les larmes humaines contiennent une enzyme qui dissout l'enveloppe de nombreuses bactéries et les fait éclater.**

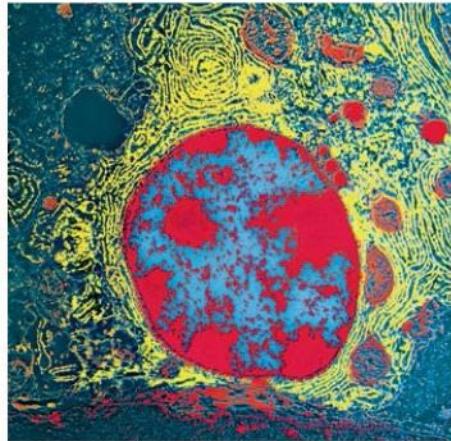


**Les canaux de l'immunité**  
Lié à l'appareil circulatoire, le système lymphatique transporte des lymphocytes et d'autres cellules immunitaires dans le corps.

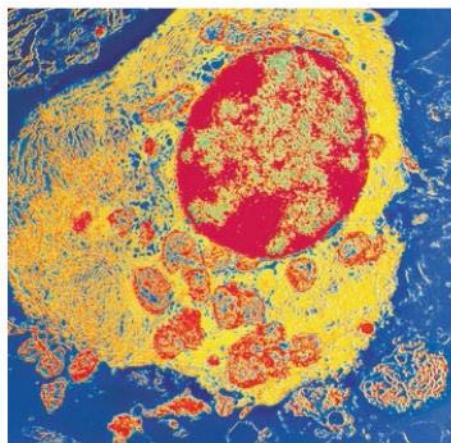
# L'immunité

Contrairement à l'attaque globale du système de défense naturel, le système immunitaire adaptatif attaque les agents pathogènes avec des anticorps et des cellules spécifiques sur mesure. Les anticorps et les lymphocytes du système adaptatif peuvent reconnaître des millions d'agents infectieux différents. Ils peuvent aussi faire la distinction entre des cellules infectées, cancéreuses ou étrangères dans un organe et des cellules normales du même type.

Chaque anticorps et lymphocyte ne reconnaît qu'une seule sorte d'antigène. Les récepteurs situés à la surface de chaque lymphocyte reconnaissent la structure chimique spécifique de l'antigène et s'adaptent à lui comme une clé se glisse dans une serrure. Le corps doit être exposé une première fois à ces antigènes pour pouvoir se défendre par la suite. Le vieil adage « ce qui ne me tue pas me rend plus fort » s'applique alors. Le système immunitaire adaptatif fabrique les anticorps et les cellules nécessaires pour que, lors d'une prochaine exposition, le corps soit en mesure de contre-attaquer et de gagner. Ainsi, contrairement au système naturel, le système adaptatif est une force de combat hautement spécialisée dotée d'une « mémoire » de tueur. ☺



**Cellule plasmatische**  
Une micrographie électronique colorée montre une cellule plasmatische humaine, qui produit des anticorps.



**À l'intérieur de la cellule**  
Une micrographie de cellule plasmatische, prélevée sur un ganglion lymphatique, montre son matériel chromosomique en rouge autour de l'extérieur du noyau.

76  
**Le saviez-vous ?**  
Une couche de mucus protège l'estomac et empêche qu'il soit mangé par ses propres acides.



**Au commencement**  
Le corps d'une femme  
enceinte se transforme à  
mesure qu'une nouvelle vie  
se développe à l'intérieur.



CHAPITRE  
**4**

# Les secrets de nos cellules

Chaque corps humain commence par la rencontre de deux cellules – un spermatozoïde et un ovule – et se développe à partir de cette union. Des centaines d'autres types de cellules apparaissent presque instantanément. Bien qu'elles soient toutes constituées des mêmes éléments de base, chacune est destinée à une tâche particulière. Les cellules se divisent, se spécialisent, prolifèrent et meurent, en suivant les instructions codées dans leur ADN, pour former la machine remarquablement coordonnée qu'est le corps humain.

Le corps adulte contient des milliers de milliards de cellules, dont chacune a son propre cycle de vie. Toutes sont « nées » de la division de cellules préexistantes; la plupart grandiront, se diviseront et finiront par mourir, pour être remplacées par de nouvelles cellules. Dans certains tissus, tels ceux de la peau, ce cycle se déroule pratiquement sans interruption. Mais dans d'autres tissus, comme ceux du cœur, les cellules matures ne peuvent pas se diviser, et les lésions de l'organe sont réparées à l'aide de tissu cicatriciel. Les biologistes ne cernent pas complètement les processus qui régissent la naissance, la mort et la spécialisation des cellules : résoudre ces mystères est devenu une de leurs priorités. Ces questions sont primordiales pour comprendre précisément comment le corps grandit et vieillit, et comment l'on peut combattre ses plus grands ennemis, tel le cancer.

# Expérience

Des caractères héréditaires

## Le test de l'amertume

### Étape n° 1.

Buvez du jus d'orange ordinaire et observez son goût. Rincez-vous la bouche avec de l'eau.

### Étape n° 2.

Brossez-vous les dents avec du dentifrice contenant du laurylsulfate de sodium (ou LSS, un ingrédient inoffensif présent dans la plupart des dentifrices commerciaux). Rincez-vous de nouveau la bouche avec de l'eau.

### Étape n° 3.

Goûtez à nouveau le jus d'orange. Quel saveur a-t-il ?

**Maintenant tournez la page.**





#### Question de goût

Selon notre patrimoine génétique,  
l'action chimique du dentifrice peut  
transformer le goût sucré en goût amer  
dans la bouche.

# Que s'est-il passé ?

Pour environ les deux tiers des individus, le jus d'orange, la seconde fois qu'ils en boivent, a une amertume désagréable. Pour les autres, il a le même goût!

La première raison est liée au LSS, qui est un émulsifiant. Il semble que ce composé neutralise le goût sucré dans les aliments, permettant ainsi à d'autres saveurs de se révéler. Mais la seconde explication est en rapport avec les gènes. La capacité à détecter certaines saveurs est héréditaire. Ainsi, l'une des formes - ou allèles - d'un gène (appelé gène PTC) nous rend sensibles à certains goûts amers, créés par une molécule appelée le Phénylthiocarbamide. L'autre allèle nous y rend insensibles. Des aliments comme le chou, le brocoli et les choux de Bruxelles contenant cette molécule provoqueront des réactions très fortes chez les individus possédant cet allèle du gène PTC.

Chaque individu hérite de deux allèles PTC - goûteur, pour celui qui nous rend sensibles, ou non goûteur. En général, deux parents sensibles auront un enfant extrêmement sensible; des parents de chaque type auront un enfant modérément sensible; et deux parents non goûteurs auront une progéniture non goûteuse.

Il y a des exceptions à cette règle de la transmission de la sensibilité au PTC, comme pour d'autres caractères héréditaires, tels que la capacité d'enrouler sa langue en gouttière ou le pic de la veuve (implantation des cheveux en V sur le front). Le patrimoine génétique se résume rarement à une seule explication.

## Le saviez-vous ?

Les personnes originaires d'Asie et d'Europe ont environ 2,5% d'ADN du Néandertalien.

# Les débuts

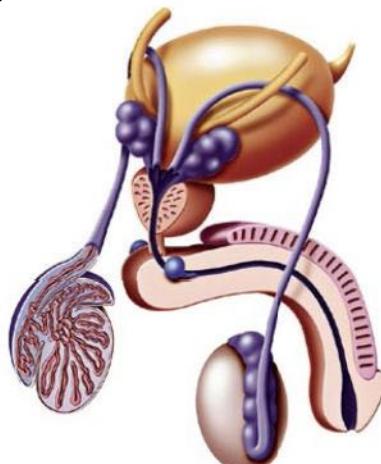
L'appareil reproducteur humain, qui commande le processus de création de la vie, est essentiel à l'existence humaine. Superficiellement, ce système est constitué d'une série de tubes, de conduits, de glandes et d'organes. Mais, en profondeur, se déroule une danse chimique complexe, une pulsation d'hormones et de substances neurochimiques.

L'homme et la femme jouent tous deux un rôle important dans la reproduction. La principale fonction biologique de l'homme est de fournir les spermatozoïdes, ces cellules qui fusionnent avec l'ovocyte de la femme au moment de la conception. C'est pourquoi l'anatomie reproductrice masculine est relativement simple et axée sur la production, le stockage et la libération de spermatozoïdes.

Avant le XVIII<sup>e</sup> siècle, les médecins considéraient la femme comme un homme incomplet. Les premiers médecins pensaient que l'utérus de

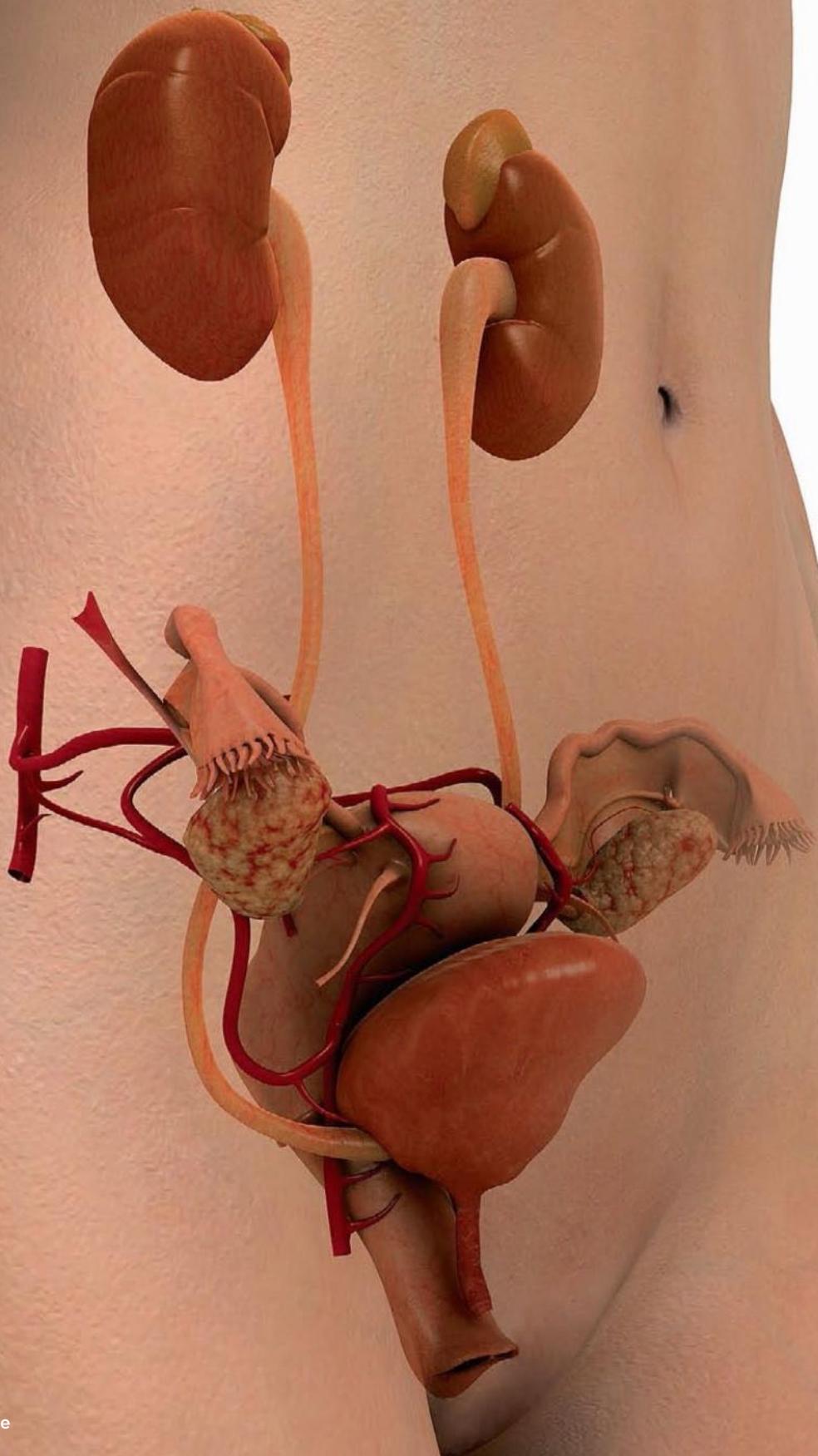
la femme était en fait le scrotum masculin, avec les testicules – en réalité les ovaires – placés de chaque côté. L'utérus se prolongeait en un conduit tubulaire, tel un pénis retourné – en réalité le col de l'utérus. Ainsi, la conception de Galien, un médecin grec du II<sup>e</sup> siècle, de la différenciation sexuelle, a-t-elle prédominé pendant de nombreuses années : la femme devait être un homme qui, à cause d'un manque de « chaleur vitale », avait gardé ses structures reproductrices à l'intérieur du corps, tandis que celles des « vrais » hommes étaient situées à l'extérieur.

Mais la science moderne a compris que l'appareil reproducteur de la femme était beaucoup plus complexe que son équivalent masculin. La femme, en effet, doit produire et stocker des ovocytes pour la fécondation, créer un environnement où ces ovocytes peuvent se développer et grandir, puis abriter et nourrir le fœtus en formation.



## Le saviez-vous ?

Dans l'Antiquité, les médecins croyaient que l'utérus pouvait se détacher et se déplacer à l'intérieur du corps de la femme.



#### De Mars à Vénus

L'appareil génital de la femme (à droite) est plus complexe que celui de l'homme (à gauche).

# La fécondation

Pour l'œuf humain, le voyage de la fécondation commence quand l'ovocyte sort d'un ovaire et glisse dans la trompe de Fallope voisine. En descendant le long de la trompe, propulsé par les cils vibratoires qui tapissent sa paroi, l'ovocyte est chaperonné par une couronne de cellules plus petites, la corona radiata.

**Le sprint final** Pendant ce temps-là, quelque 250 millions de spermatozoïdes s'acharnent à remonter l'appareil génital. Ces minuscules cellules, qui ne sont guère plus que des queues munies de têtes contenant 23 chromosomes, meurent par millions en traversant l'utérus. Seuls quelques centaines de spermatozoïdes survivront et rencontreront l'ovocyte. Mais les premiers arrivés n'auront même pas l'occasion de le féconder. En commençant à marteler

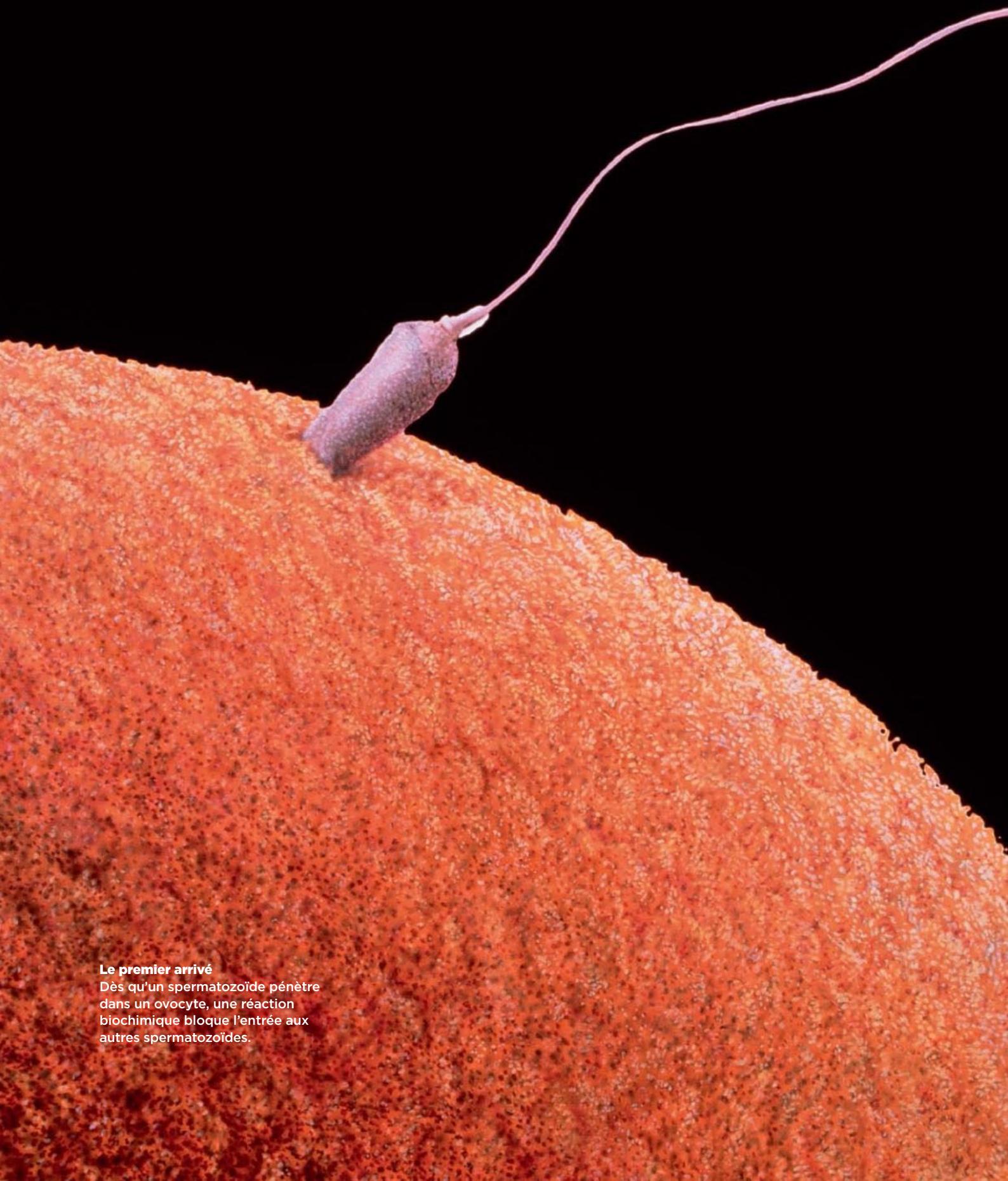
la paroi de l'ovocyte, ils libèrent des enzymes qui dispersent la corona radiata et dévoilent progressivement la surface de l'ovocyte.

Un spermatozoïde parvient finalement à percer la membrane qui entoure l'ovocyte – la zone pellucide – et ce dernier l'assimile. Aussitôt, des ions de calcium provenant de l'intérieur de l'ovocyte inondent la cellule, dont la charge passe du négatif au positif et empêche tous les autres spermatozoïdes d'entrer. Puis le noyau du spermatozoïde assimilé et la partie principale de l'ovocyte, dont chacun contient 23 chromosomes, fusionnent.

L'ovocyte est maintenant fécondé. Presque immédiatement, ses chromosomes se dupliquent et la cellule se divise par mitose, créant deux cellules filles identiques. Cette minuscule entité est appelée zygote.

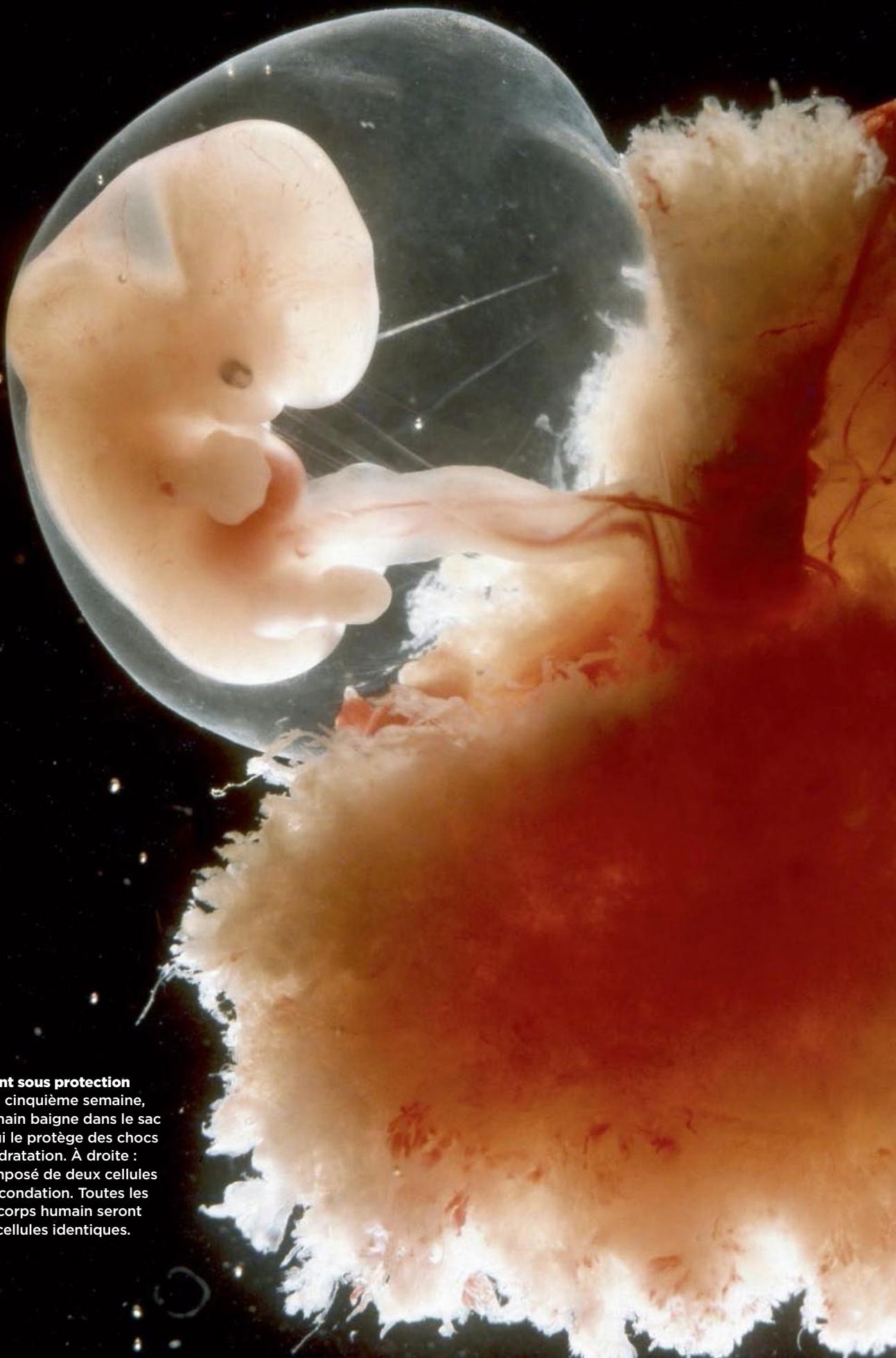


70 **Le saviez-vous ?**  
**Lors de recherches**  
**en paternité**  
**concernant des**  
**jumeaux dizygotes**  
**ou «faux jumeaux»,**  
**2,4 % avaient**  
**des pères différents.**



#### Le premier arrivé

Dès qu'un spermatozoïde pénètre dans un ovocyte, une réaction biochimique bloque l'entrée aux autres spermatozoïdes.



#### Développement sous protection

Au cours de la cinquième semaine, l'embryon humain baigne dans le sac amniotique qui le protège des chocs et de la déshydratation. À droite : un zygote composé de deux cellules est né de la fécondation. Toutes les structures du corps humain seront issues de ces cellules identiques.

# Les 8 premières semaines

Durant ses trois premières semaines de développement, la boule de cellules, de la grosseur d'un grain de sable, et devenue un embryon, s'implante dans l'utérus et forme trois couches : l'endoderme, le mésoderme et l'ectoderme. De ces trois couches naîtront toutes les structures du corps humain, lors d'un processus appelé organogenèse. Le fonctionnement de ce processus reste l'un des mystères de la biologie.

**De l'embryon au fœtus** Nous savons que l'embryon se développe à un rythme effréné. Certaines cellules du mésoderme s'amassent dans un tuyau fermé, le tube neural. L'extrémité supérieure de ce tube deviendra le cerveau, et le reste constituera la moelle épinière. Les cellules voisines se déplacent dans l'embryon et formeront des éléments aussi divers que les nerfs sensoriels, les os du visage et le tissu conjonctif. Les vaisseaux sanguins se forment et se rejoignent dans tout l'embryon. Un tube cardiaque primitif apparaît dans le mésoderme et commence à battre.



Au cours de la quatrième semaine, l'embryon devient un cylindre irrégulier doté d'une tête et d'une queue reconnaissables. C'est à ce moment que ce forme un intestin primitif. Les yeux et les oreilles commencent à apparaître sur la tête, tandis qu'on distingue des ébauches de membres supérieurs et inférieurs, qui se transformeront en bras et jambes.

Entre la cinquième et la huitième semaine après la fécondation, presque tous les autres organes et structures, tels que les os, le foie et les poumons, apparaissent. À la fin de la huitième semaine, l'embryon mesure environ 3 cm de long et est prêt à passer à l'étape suivante de sa vie, en tant que fœtus.

8

**Le saviez-vous ?**  
**Les doigts et les orteils**  
**de l'embryon sont**  
**palmés au tout début**  
**de leur formation.**

# Devenir un bébé

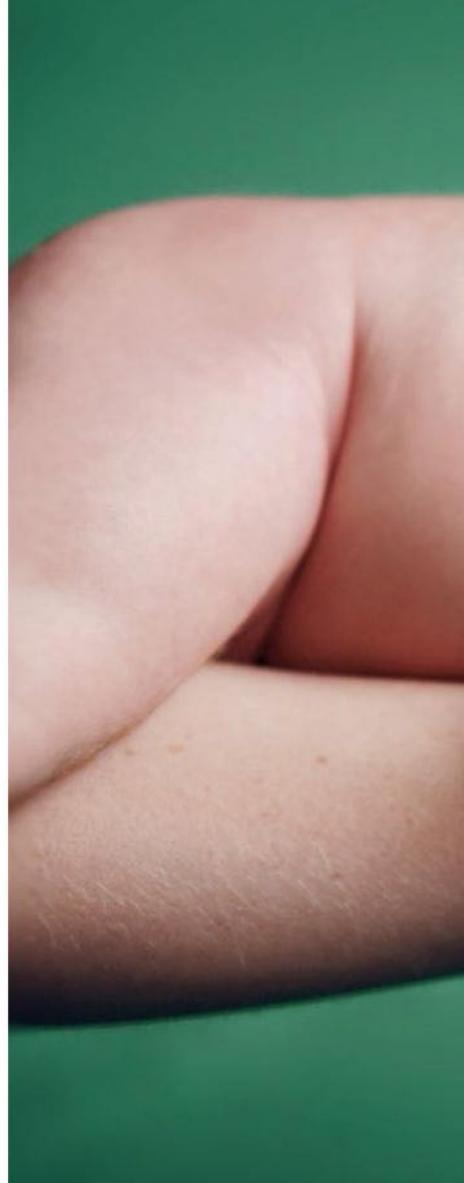
À 9 semaines, les bases de tous les principaux systèmes organiques du fœtus sont posées. Dès lors, son corps commence une campagne de croissance, de développement et de consolidation. Dès 27 semaines, un bébé né prématurément a une chance raisonnable de survie, bien qu'avec un risque élevé de complications. À 38 semaines, le fœtus est considéré comme arrivé à terme : ses os sont pleinement formés, ses yeux ouverts et ses poumons prêts à respirer.

Durant toute cette période de croissance, le fœtus a été plongé dans le liquide amniotique. Il survit grâce aux remarquables adaptations de son système cardiovasculaire. Le sang qui coule dans les veines et les artères d'un fœtus tire tout son oxygène et ses nutriments du sang de la mère. Il circule dans le cœur et le corps mais contourne en grande partie les poumons et le foie en utilisant trois vaisseaux sanguins spécialisés autour de ces organes, des sortes de dérivations appelées shunts. Il circule suffisamment de sang dans les

poumons et le foie pour assurer la vie et la croissance de ces organes.

**La naissance** Tous ces shunts se ferment instantanément à la naissance, ce qui constitue une remarquable prouesse d'ingénierie biologique. En quittant le corps de la mère, le bébé ne reçoit plus l'oxygène de son placenta. L'augmentation des niveaux de gaz carbonique dans le sang du bébé déclenche, dans les zones du cerveau concernées, le processus de la respiration. Le bébé prend alors une première bouffée d'air.

Une fois que les poumons fonctionnent, le système cardiovasculaire du bébé doit aussi se mettre en marche. Le foramen ovale – une ouverture située entre les oreillettes du cœur fœtal – se ferme, envoyant du sang vers les poumons. Les vaisseaux sanguins qui contournaient les poumons et le foie se ferment, tout comme les artères ombilicales. En quelques instants, le corps est passé d'un milieu liquide à un milieu aérien. ☺



Le saviez-vous ?

Au cours des trois premiers mois de la vie, les synapses du cerveau d'un bébé sont multipliées par 20.



#### **Un monde nouveau**

Le nouveau-né s'adapte vite à sa nouvelle situation en dehors du corps de sa mère. Ci-dessous : une grossesse ectopique se développe à l'extérieur de l'utérus.

## Zoom santé

### La grossesse extra-utérine

Une grossesse ectopique, ou extra-utérine, se produit quand un embryon s'implante en dehors de l'utérus, généralement dans l'une des trompes de Fallope. Bien que rare, ce type de grossesse peut entraîner une hémorragie interne ; c'est une urgence chirurgicale. La femme peut souffrir ou saigner légèrement, ou bien ne ressentir aucun symptôme.

Dans ce type de grossesse, le test sanguin est positif mais l'échographie ne révèle rien dans l'utérus. Ces grossesses ne sont pas viables : soit elles s'achèvent spontanément, soit elles nécessitent une intervention chirurgicale.

Il peut arriver qu'un embryon fécondé s'implante dans l'abdomen, le placenta se fixant aux organes voisins et bénéficiant de leur apport sanguin, mais ces cas sont rares. Il est arrivé qu'un bébé naisse dans ces conditions.



# L'hérédité

Un jour de février 1953, deux scientifiques – un biologiste américain, James Watson, et un physicien britannique, Francis Crick – pénètrent dans un pub de Cambridge, en Angleterre, et annoncent joyeusement qu'ils ont découvert le secret de la vie. Ce n'est pas de la fanfare favorisée par la Guinness : les deux hommes viennent de déchiffrer la structure en double hélice de l'ADN, la molécule qui détermine tous les êtres vivants.

Depuis le xix<sup>e</sup> siècle, les scientifiques savaient que le noyau d'une cellule contenait une longue molécule organique appelée acide désoxyribonucléique. Depuis les années 1940, ils se doutaient que cette molécule jouait un rôle dans la transmission de l'information génétique. Watson, Crick et leur collègue Rosalind Franklin ont compris comment cela fonctionnait.

La molécule d'ADN est constituée de deux chaînes enroulées l'une autour de l'autre telle une double

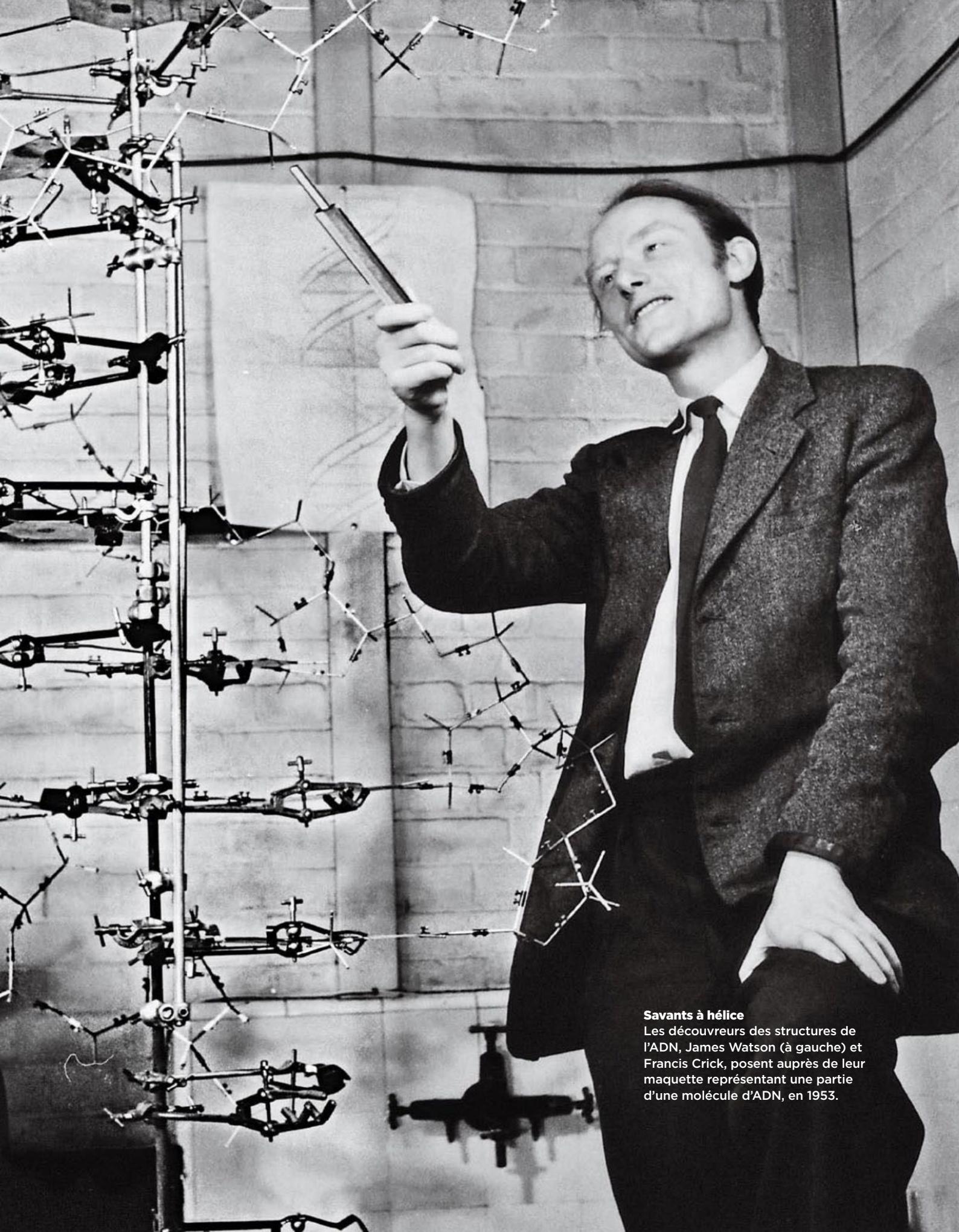
hélice. Chaque chaîne est composée d'une succession de nucléotides, qui sont un assemblage de trois molécules : un groupement phosphate, un sucre (désoxyribose) et une base azotée. Il existe quatre bases azotées : adénine (A), thymine (T), guanine (G), cytosine (C). La complémentarité de ces bases, deux à deux, permet l'association des deux chaînes d'ADN : l'adénine est toujours appariée à une thymine et la guanine à une cytosine.

**Les chromosomes** Dans le noyau de presque chaque cellule se trouvent 46 de ces molécules en hélice réparties en 23 paires : ce sont les 46 chromosomes humains. Ils portent les gènes, supports de l'information génétique. Les gènes sont des groupes de nucléotides, et c'est leur ordre – par exemple ATTGCCA – qui détermine le rôle du gène. Un gène compte en moyenne 3 000 nucléotides, mais certains en ont plus d'un million.



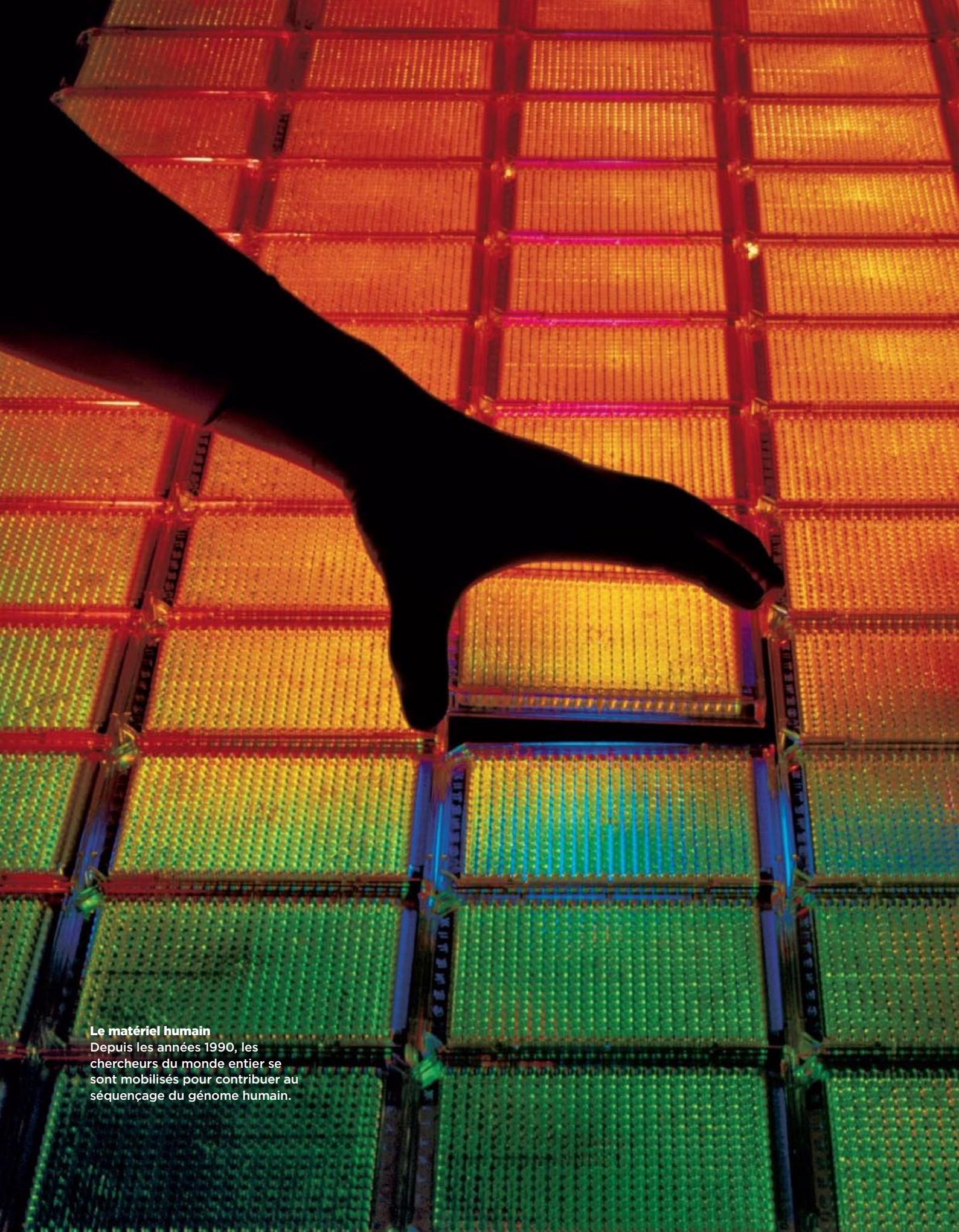
82

Le saviez-vous ?  
L'homme et la banane  
ont environ 50 %  
de gènes en commun.



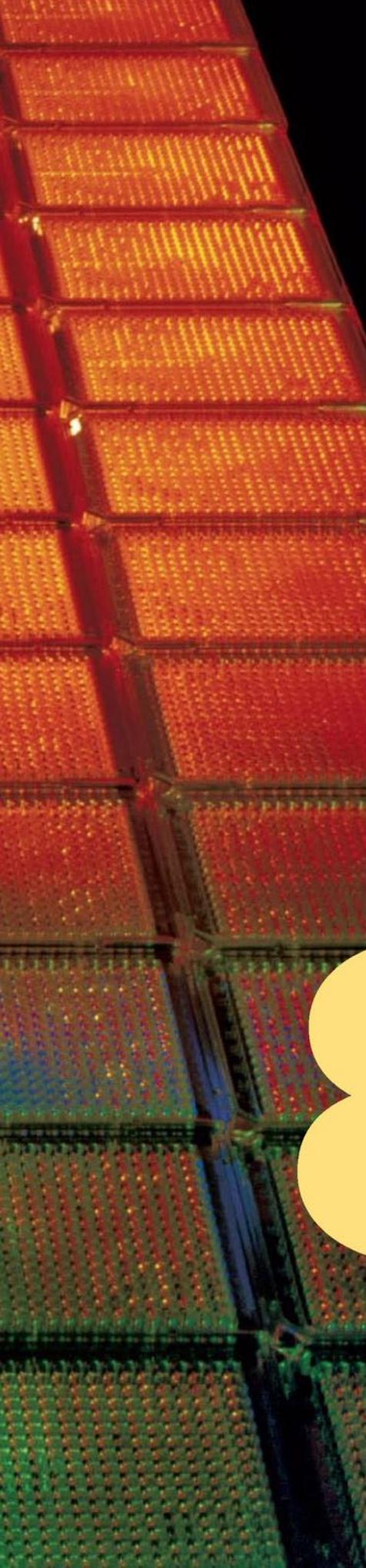
### Savants à hélice

Les découvreurs des structures de l'ADN, James Watson (à gauche) et Francis Crick, posent auprès de leur maquette représentant une partie d'une molécule d'ADN, en 1953.



#### Le matériel humain

Depuis les années 1990, les chercheurs du monde entier se sont mobilisés pour contribuer au séquençage du génome humain.



# Les gènes

L'ensemble génétique complet d'un organisme – son génome – contient environ 20 500 gènes. Une grande partie de l'ADN semble être composée de brins constitués de motifs répétitifs, les nucléotides non codants. Certains d'entre eux forment l'acide ribonucléique (ARN) ou contribuent à d'autres fonctions génétiques. D'autres peuvent être des gènes éteints dont les caractères ont été rejetés au cours de l'évolution – ou encore des brins dont on n'a pas encore découvert la signification.

**La transcription** Quel est le rôle précis des gènes ? Ces bribes de molécules occupent une place importante dans l'imagination populaire, où elles sont représentées comme des dictateurs commandant tout, du comportement criminel aux boutons de fièvre. Pourtant, un gène n'est rien de plus qu'un ensemble d'instructions pour

fabriquer une protéine spécifique dans une cellule. Le code moléculaire d'un gène – la séquence de nucléotides A, T, C et G qui lui confère son identité – indique l'ordre dans lequel les acides aminés (les éléments constitutifs des protéines) doivent s'enchaîner.

Le gène ne transmet même pas les instructions. Cette tâche, qui revient à l'ARN, se déroule en deux étapes : la transcription, pendant laquelle l'information contenue dans le gène est copiée sur un brin d'ARN, et la traduction, pendant laquelle l'information contenue dans l'ARN est utilisée pour fabriquer la protéine dans les ribosomes de la cellule.

En commandant la fabrication de protéines, les gènes commandent la croissance et le fonctionnement de chaque cellule du corps. Ils déterminent aussi la croissance, la spécialisation et le développement de chaque cellule de l'embryon humain.

**Le saviez-vous ?**  
**Toutes les cellules**  
**contiennent tous les gènes,**  
**mais un faible pourcentage**  
**de gènes est activé dans**  
**un tissu donné.**

# Partenaires génétiques

Dans chaque cellule, les gènes de chaque paire chromosomique transmettent le code pour les mêmes protéines et les mêmes caractères. Ce doublon représente un soutien crucial pour la cellule : si un gène est endommagé, sa copie sur le chromosome homologue prend généralement la relève. Mais les deux versions du gène - appelées allèles - ne sont pas toujours identiques. S'ils codent pour la même forme de caractère, ils sont dits homozygotes. S'ils codent pour deux versions différentes, ils sont hétérozygotes. Parfois, un allèle hétérozygote inhibe l'expression de l'autre. Cet allèle est appelé dominant, et l'autre récessif.

**Les caractères héréditaires** Peu de caractères sont exprimés par un seul gène ; presque tous résultent de la collaboration de plusieurs gènes. Certains caractères sont exprimés par plusieurs formes d'allèles, dont deux peuvent être codominants, comme dans le cas du groupe sanguin AB. Certains allèles sont partiellement dominants, comme

ceux qui peuvent être responsables de la drépanocytose, une maladie de l'hémoglobine.

Les caractères dominants ne sont pas nécessairement plus fréquents ou souhaitables que les caractères récessifs. Ainsi, la polydactylie (des doigts ou des orteils en plus) est transmise par des gènes dominants ; la vision et la formation de cartilage dépendent de gènes récessifs.

Dans la loterie de l'hérédité, deux chromosomes se distinguent du reste : les chromosomes sexuels X et Y. Le chromosome Y contient les gènes qui déterminent la masculinité ; les chromosomes sexuels de chaque homme sont un ensemble X et Y, tandis que ceux de la femme sont XX.

Le chromosome X est beaucoup plus grand et porte davantage d'informations génétiques ; il contient quelque 900 gènes, contre 50 à 60 pour le chromosome Y. La plupart des caractéristiques présentes sur le chromosome X s'exprimeront chez l'homme, parce qu'elles ne sont pas contrecarrées par des gènes homologues sur le chromosome Y.



84 Le saviez-vous ?

C'est grâce à des gènes partiellement dominants qu'un couple dont l'un a les cheveux frisés et l'autre raides peut avoir un enfant aux cheveux bouclés.



#### Un air de famille

Ces quatre générations de femmes d'une même famille révèlent des caractères héréditaires, tels que la peau et des cheveux clairs. Ci-dessous : une jeune femme atteinte du syndrome de Down (ou trisomie 21) possède *a priori* un chromosome 21 supplémentaire.

## Zoom santé

### Les maladies héréditaires

Les anomalies génétiques peuvent être liées à l'altération d'un seul gène, au déplacement de chromosomes entiers ou à l'action conjointe de nombreux gènes. Celles qui sont liées à un seul gène – comme l'hémophilie – sont les plus faciles à repérer, mais la plupart des maladies sont probablement dues à l'interaction – complexe – entre des gènes multiples et l'environnement extérieur.

Au cours des dernières années, les généticiens ont commencé à localiser certaines anomalies génétiques. Par exemple, la maladie de Huntington, un trouble neurologique, est due à des répétitions excessives du triplet de nucléotides CAG sur le chromosome 4. Entre 55 et 65 % des femmes porteuses du gène muté BRCA1 – qui, sous sa forme saine, produit des protéines supprimant les tumeurs –, contracteront un cancer du sein avant 70 ans.





#### Des cellules guérisseuses

Un enfant de 11 ans atteint de drépanocytose attend une greffe de moelle osseuse en chambre stérile. À droite: différents aspects de cellules souches pluripotentes induites (CSPi) prélevées sur des bonobos (des chimpanzés pygmées).

# Le pouvoir de réparer

À presque chaque étape de la vie humaine, dans presque chaque partie du corps humain, les cellules sont destinées à une forme et une fonction précises. Seules les cellules souches sont différentes. Ce sont pour ainsi dire les pages blanches de la biologie humaine, des cellules indifférenciées capables d'engendrer une grande variété d'autres cellules. En théorie, les cellules souches pourraient servir à réparer les tissus endommagés, à tester de nouveaux médicaments et à soigner des malformations congénitales.

## Les types de cellules souches

Certaines cellules souches semblent avoir davantage de capacités que d'autres. Les cellules souches embryonnaires, utilisées dans les cultures de laboratoire, proviennent de blastocystes (un stade du développement embryonnaire) créés dans un centre de fécondation in vitro et destinés au rebut. Capables de se transformer en n'importe quel type de cellule de l'organisme, sauf celles qui développent un fœtus, les cellules souches embryonnaires sont dites pluripotentes.

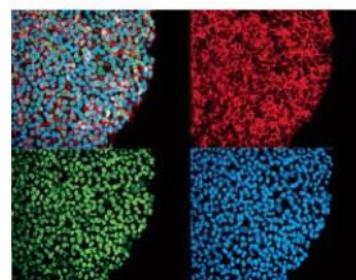
Les cellules souches adultes sont disséminées dans certains tissus adultes, dont la moelle osseuse, la peau, le cerveau, le foie, les muscles squelettiques, les vaisseaux sanguins et la cornée. Avec le stimulus approprié, les cellules souches adultes peuvent se transformer en une gamme restreinte de cellules liées au tissu dans lequel elles se trouvent.

## À la pointe

### La création de cellules polyvalentes

Le recours aux cellules souches embryonnaires soulève des questions éthiques, tandis que l'utilisation de souches adultes est limitée dans ses applications. En 2006, des scientifiques ont découvert une troisième voie : les cellules souches pluripotentes induites, ou CSPi. En utilisant les virus comme des « véhicules de livraison », les chercheurs ont introduit quatre protéines essentielles dans des noyaux de cellules de souris. Ces facteurs de transcription ont modifié la programmation génétique des cellules et les ont contraintes à revenir à l'état de cellule souche embryonnaire. En 2007, le même procédé a réussi avec des cellules adultes.

Si les scientifiques peuvent utiliser n'importe quelle cellule adulte pour créer des lignées de cellules souches pluripotentes, ils pourraient produire une quantité illimitée de cellules puissantes. Les chercheurs veulent cependant s'assurer qu'on peut utiliser ce procédé en toute sécurité dans les thérapies humaines.



## Le saviez-vous ?

Le sang du cordon ombilical est une bonne source de cellules souches. Il est utilisé dans environ la moitié des greffes de cellules souches chez l'enfant.

# Vieillir

Le vieillissement est un processus continu de croissance et de maturation. Il commence dans la petite enfance, comprend l'évolution saine d'un enfant en un jeune adulte, puis le parcours de l'âge adulte à la maturité. Quand on pense généralement aux aspects les plus sombres du vieillissement, on pense en réalité à la sénescence, à savoir le processus par lequel le corps s'affaiblit progressivement et devient incapable de fonctionner correctement, entraînant la mort.

**Le vieillissement normal** Cette forme de vieillissement elle-même nécessite des éclaircissements. Pour la plupart d'entre nous, la sénescence est synonyme de maladies et de handicap : perte auditive, arthrite,

ostéoporose, maladie cardiaque, démence, etc. Il est vrai que la vieillesse est souvent marquée par des maladies et des infirmités plus fréquentes, mais ce sont des anomalies, et non l'illustration du fonctionnement normal du corps. Le vieillissement courant peut comprendre ces troubles, mais pas le vieillissement normal.

Le vieillissement lié au grand âge est un ensemble de modifications cellulaires subies progressivement au fil du temps par le corps adulte. À mesure que le corps vieillit, ses cellules perdent de leur efficacité. Finalement, les cellules cessent de se diviser et meurent. Il s'ensuit que les tissus rétrécissent et que les organes ne fonctionnent plus aussi bien qu'auparavant.





#### **Le reflet d'une existence**

La peau ridée des mains de cette femme montre l'effet du vieillissement, tandis que les tissus rétrécissent et que les dégâts dus au soleil deviennent visibles.



**Pour une éternelle jeunesse**

Le vieillissement est inévitable, mais l'exercice physique régulier, comme la pratique du tai-chi-chuan, accompagné d'une alimentation saine, peuvent grandement améliorer le processus.



**Tous différents**

Y compris au sein d'une même famille, le vieillissement peut se manifester différemment, comme chez ces frères.



# Pourquoi vieillissons-nous?

Avec le sommeil, le vieillissement est l'un des mystères fondamentaux de la biologie humaine. Qu'est-ce qui fait que le corps ralentit, que les cellules arrêtent de se diviser et que les organes sont atteints par des maladies et des handicaps de plus en plus fréquents ? Si l'on n'a pas de réponses définitives à ces questions, on peut répartir les théories en deux camps : celui de la dégradation progressive et celui de la programmation génétique.

Dans le premier camp, on estime que le corps vieillit à cause de l'usure des tissus au fil des ans. Des déchets s'accumulent dans les cellules, les systèmes de secours tombent en panne, les mécanismes de réparation se dégradent peu à peu et le corps s'use comme une vieille voiture avec laquelle on aurait beaucoup roulé.

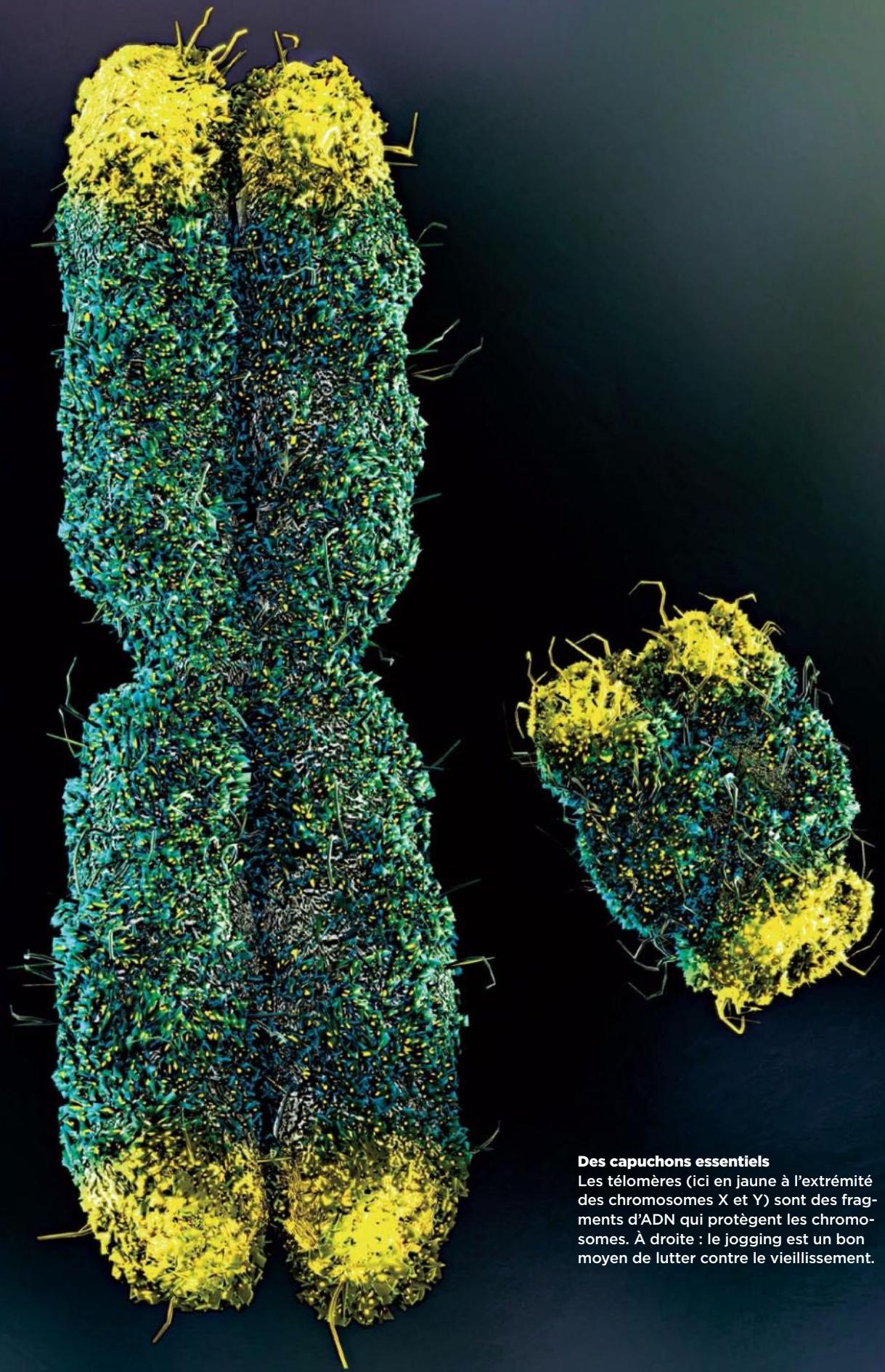
**La faute des gènes** Dans le second camp, on soutient que le vieillissement est régi par nos gènes – par une horloge moléculaire interne réglée sur un calendrier précis pour chaque espèce. Cette théorie est appuyée par des études sur des animaux : des scientifiques ont pu augmenter la durée de vie de certains animaux en modifiant un seul de leurs gènes.

Des biologistes relèvent que, du point de vue évolutionniste, les effets de la sélection naturelle – la sélection des caractères affectant l'efficacité de la reproduction – diminuent après l'âge de la procréation. L'évolution avantage les gènes qui sont bénéfiques au début de la vie, mettant les ressources du corps au service de la reproduction et en laissant moins pour l'entretien à long terme.

87

Le saviez-vous ?

Certaines tortues géantes peuvent vivre plus de 200 ans.



#### Des capuchons essentiels

Les télomères (ici en jaune à l'extrême des chromosomes X et Y) sont des fragments d'ADN qui protègent les chromosomes. À droite : le jogging est un bon moyen de lutter contre le vieillissement.

# Les limites des cellules

Le vieillissement commence dans les cellules. Pourquoi et comment elles subissent les effets de l'âge est un sujet de débat parmi les scientifiques. Au début des années 1960, le biologiste Leonard Hayflick a découvert que des cellules en culture ne se divisaient en moyenne que 50 fois avant de s'arrêter. À l'exception des cellules souches et des cellules cancéreuses, cette limite s'applique à tous les tissus humains, même si les cellules des personnes âgées se divisent moins souvent.

**Les télomères** Qu'est-ce qui provoque le ralentissement et la mort des cellules ? Une découverte intéressante concerne le rôle des télomères. Ces segments d'ADN coiffent l'extrémité des chromosomes, les protégeant contre tout dommage et les empêchant de fusionner avec d'autres chromosomes. Des chercheurs ont observé qu'à chaque fois qu'une cellule se divise, entre 50 et 100 nucléotides des télomères sont raccourcis. Quand le télomère atteint une longueur minimale, la division cellulaire s'arrête complètement. Cette découverte a été renforcée par celle de la télomérase, une enzyme présente dans les cellules immortelles (telles les cellules souches) et qui répare les télomères après chaque division. L'enzyme n'a pas d'effet sur les cellules indivisibles, comme celles du cerveau et du cœur, mais, dans les cellules qui se divisent, la télomérase peut favoriser le cancer.

## À la pointe

### La forme physique et l'ADN

La biologie ne fait pas tout, même en ce qui concerne les télomères. C'est ce qu'affirment les chercheurs qui étudient le lien entre la longueur des télomères et les facteurs environnementaux. Ils ont découvert que les personnes ayant un quotidien stressant ont des télomères plus courts que la moyenne. D'autre part, une étude menée par Dean Ornish à l'université de Californie à San Francisco, a montré que les individus qui adoptaient un mode de vie plus sain, à base d'activité physique modérée, d'alimentation végétarienne et de réduction du stress, voyaient la longueur de leurs télomères augmenter de 10 % en moyenne.

Les recherches devront cependant confirmer ces découvertes, mais les études semblent démontrer qu'il est important de rester en bonne forme physique et détendu.



### Le saviez-vous ?

**Les enfants atteints du syndrome de Werner, une maladie génétique rare, ont des symptômes liés au vieillissement, comme la calvitie.**

# Ce qui change avec l'âge

Le vieillissement touche presque tous les systèmes de l'organisme : les sens, les organes digestifs, les systèmes cardiovasculaire et immunitaire, les os et les muscles. Il est intéressant de noter que le système nerveux central – le cerveau et la moelle épinière – est un des moins touchés par le vieillissement. Dans la plupart des tissus, le déclin de la fonction n'est pas radical. Il ressort clairement que le corps âgé n'éprouve des difficultés que dans les situations de stress ou de maladie.

Ce sont peut-être les changements osseux et musculaires qui ont le plus de répercussions sur la vie quotidienne des personnes âgées. Entre 30 et 60 ans, la densité osseuse diminue, chez l'homme comme chez la femme. Les muscles se modifient aussi au fil du temps. Entre 30 et 75 ans, environ la moitié de la masse musculaire du corps disparaît, tandis que la quantité de graisse se trouve multipliée par deux.

**Le souffle et le sang** Le cœur, les vaisseaux sanguins et les poumons sont des structures résistantes, faites pour durer longtemps. Le fait que tant de personnes âgées connaissent des problèmes cardiaques et pulmonaires est moins dû au vieillissement qu'à des facteurs liés au mode de vie, tels que le tabagisme, l'obésité et le manque d'exercice. Les systèmes subissent toutefois quelques modifications : les valves et les parois du cœur s'épaissent et se raidissent, contraignant le cœur à travailler davantage pour pomper le sang. Les parois des artères s'épaissent et se raidissent aussi, ce qui peut favoriser l'hypertension artérielle.

Les tissus pulmonaires perdent également de l'élasticité à mesure que le corps vieillit, et le système immunitaire des poumons faiblit. En effet, comme ils aspirent des organismes présents dans l'air, les poumons deviennent particulièrement vulnérables aux infections.



89

Le saviez-vous ?  
L'un des effets positifs du vieillissement est que les allergies diminuent avec l'âge.

#### Facteurs de maladies

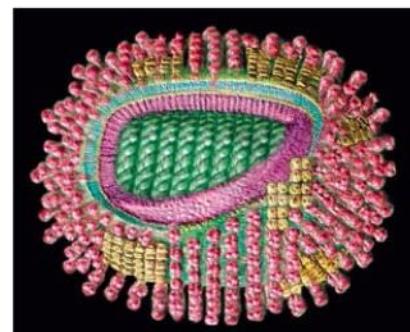
Le tabac fait vieillir prématurément les poumons. Ci-dessous : les virus de la grippe revêtent de multiples formes, mais ils sont tous plus dangereux pour les personnes âgées que pour les jeunes adultes.



## Zoom santé

### La grippe

La grippe est un virus extrêmement contagieux qui touche annuellement (généralement entre les mois de décembre et d'avril) de 2 à 8 millions de personnes en France, et entraîne le décès de plusieurs milliers d'entre elles, la majorité des décès touchant les personnes âgées. La maladie frappe particulièrement ce groupe d'individus parce qu'ils sont souvent atteints d'autres affections, comme le diabète ou les troubles cardiaques, qui mettent déjà leur organisme à rude épreuve. En outre, certaines parties de leur appareil respiratoire perdent de leur aptitude à approvisionner le sang en oxygène et à nettoyer les voies respiratoires. C'est pourquoi les médecins recommandent le vaccin annuel contre la grippe à toutes les personnes de plus de 50 ans, bien que le vieillissement du système immunitaire diminue légèrement l'efficacité du vaccin chez les personnes âgées.



# Avoir toute sa tête

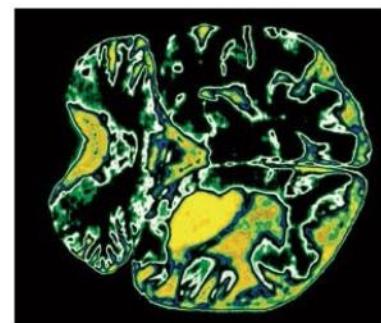
fo · CUS  
point a

La démence et l'érosion de la personnalité qui accompagne la détérioration du cerveau sont de redoutables menaces du vieillissement. Mais la démence n'est pas une caractéristique du vieillissement normal. En réalité, le cerveau sain fonctionne bien au troisième âge. Comme le reste du corps, ses tissus rétrécissent légèrement à mesure que les cellules meurent, et il perd environ 10 % de son poids à un âge très avancé. Cette perte a toutefois moins d'importance dans le cerveau qu'elle n'en aurait dans un grand nombre d'autres organes, car le cerveau a beaucoup plus de cellules qu'il n'en a besoin. Ses neurones forment aussi de nouvelles connexions à mesure que les cellules meurent et que

leurs dendrites atteignent des cellules encore vivantes.

Certains neurotransmetteurs diminuent avec l'âge, tout comme le débit sanguin cérébral. Cela peut toucher la mémoire à court terme, la fluidité verbale et la capacité d'apprentissage, mais ne modifient pas forcément les facultés intellectuelles.

**Des sens vieillissants** Les changements les plus perceptibles dans le système nerveux sont peut-être ceux qui concernent les sens, en particulier la vue et l'ouïe. La presbytie - la diminution de la vision de près - est l'une des rares caractéristiques pratiquement universelles de l'âge. L'audition se détériore légèrement, elle aussi. ☺



## Perte de sens

La perte de vision (en haut) est l'une des altérations les plus courantes intervenant avec l'âge. Des signes d'atrophie dans le cerveau (ci-dessus) peuvent indiquer la démence.

# Le saviez-vous ?

90

Des études ont montré que l'activité physique était aussi efficace que les **antidépresseurs** pour améliorer l'humeur des personnes âgées.

91

Il faudrait 57 ans, 24 heures par jour, pour réciter la séquence ATGC complète des chromosomes humains.

92

Plus un père est âgé, plus il risque de transmettre des **mutations** à ses enfants.

La drépanocytose\* est la maladie génétique la plus fréquente en France.

93

Les **maladies cardiaques** représentent 4 hospitalisations sur 5 chez les personnes âgées.

94

Le métabolisme ralentit de 20 % chez les hommes âgés et de 13 % chez les femmes âgées.

95

Selon des études récentes, les femmes auraient des cellules souches capables de produire de nouveaux ovocytes tout au long de leur vie.

96

97

Les personnes âgées **de plus de 85 ans** ne sont pas sensiblement plus malades que celles qui ont entre 74 et 85 ans.

98

Les spermatozoïdes, qui mesurent 0,005 cm, sont les plus petites cellules du corps.

99

Des patients atteints d'affections cardiaques **ont fabriqué** des tissus cardiaques sains à partir de **leurs propres** cellules souches.

100

L'exercice physique est bénéfique pour le **cerveau âgé**, car il renforce les connexions neuronales.

\* La drépanocytose est une maladie du sang, et particulièrement de l'hémoglobine dont le rôle est le transport de l'oxygène dans le sang.

NOUVEAU

Le magazine inspirant et curieux  
pour mieux se connaître

**ca**  
M'INTERESSE

HORS-SÉRIE  
SEPTEMBRE 2015

#1

# Fifties

L'EXPÉRIENCE, ÇA SE PARTAGE

## RÉINVENTER *sa vie*

**ARGENT**  
Cigale ou fourmi,  
qui gagne ?

- PHILO À QUOI PENSEZ-VOUS EN MARCHANT ?
- SEXE COMMENT CHANGER DE FAÇON DE FAIRE L'AMOUR
- POUVOIR QU'APPREND-ON EN L'EXERÇANT ?
- PSYCHO TESTEZ VOTRE DEGRÉ DE LIBERTÉ



En cadeau  
des carnets à détacher,  
des recettes santé,  
des surprises !

Ils ont tout changé  
... Et puis après ?



Quel est votre meilleur  
souvenir  
des  
années 80 ?



Testez votre degré  
de LIBERTÉ

Et aussi :

- Des témoignages et avis d'experts
- Des idées nouvelles à explorer

**Fifties** L'EXPÉRIENCE, ÇA SE PARTAGE

# Votre corps en 100 questions étonnantes

National Geographic Society 1145 17th Street N.W.  
Washington, D.C. 20036-4688 É.-U.

Gary E. Knell, *President and Chief Executive Officer*  
John M. Fahey, *Chairman of the Board*  
Declan Moore, *Executive Vice President*  
President, *Publishing and Travel*  
Melina Gerosa Bellows, *Executive Vice President, Publisher and Chief Creative Officer, Books, Kids, and Family*

## Édition américaine

Hector Sierra, *Senior Vice President and General Manager*  
Janet Goldstein, *Senior Vice President and Editorial Director*  
John MacKethan, *Vice President, Retail Sales and Special Editions*  
Matthew Moore, *International Retail Sales Manager*  
Jonathan Halling, *Creative Director*  
Marianne R. Koszorus, *Design Director*  
R. Gary Colbert, *Production Director*  
Jennifer A. Thornton, *Director of Managing Editorial*  
Susan S. Blair, *Director of Photography*  
Bridget A. English, *Editor*  
Patricia Daniels, *Writer*  
Elisa Gibson, *Art Director*  
Charles Kogod, *Illustrations Editor*  
Linda Makarov, *Designer*  
Marshall Kiker, *Associate Managing Editor*  
Judith Klein, *Production Editor*  
Lisa A. Walker, *Production Manager*  
Galen Young, *Rights Clearance Specialist*  
Robert L. Barr, *Manager, Production Services*  
Katie Olsen, *Design Assistant*  
Neal Edwards, *Imaging*

## Time Home Entertainment

Jim Childs, *Publisher*  
Steven Sandonato, *Vice President, Brand & Digital Strategy*  
Carol Pittard, *Executive Director, Marketing Services*  
Toni Mifsud, *Executive Director, Retail & Special Sales*  
Joy Butts, *Executive Publishing Director*  
Laura Adam, *Director, Bookazine Development & Marketing*  
Megan Pearlman, *Publishing Director*  
Helen Wan, *Associate General Counsel*  
Ilene Schreider, *Assistant Director, Special Sales*  
Susan Chodakiewicz, *Senior Book Production Manager*  
Stephanie Braga, *Brand Manager*  
Alex Voznesenskiy, *Associate Prepress Manager*  
Stephen Koepf, *Editorial Director*  
Roe D'Angelo, *Senior Editor*  
Rina Bander, *Copy Chief*  
Anne-Michelle Galler, *Design Manager*  
Gina Scauzillo, *Editorial Operations*

## Remerciements

Katherine Barnet, Brad Beatson, Jeremy Biloon, Dana Campolattaro, Rose Cirrincione, Natalie Ebel, Assu Etsubneh, Mariana Evans, Christine Font, Susan Hettelman, Hillary Hirsch, David Kahn, Amy Mangus, Kimberly Marshall, Nina Mistry, Vandana Patel, Dave Rozelle, Ricardo Santiago, Adriana Tierno

Copyright © 2014 National Geographic Society. All rights reserved.

National Geographic and Yellow Border :

Registered trademarks \* Marcas Registradas.

National Geographic assumes no responsibility for unsolicited materials.



**National Geographic Society** est enregistrée à Washington, D.C., comme organisation scientifique et éducative à but non lucratif dont la vocation est «d'augmenter et de diffuser les connaissances géographiques». Depuis 1888, la Society a soutenu plus de 9 000 expéditions et projets de recherche.

Jean-Pierre Vrignaud, **RÉDACTEUR EN CHEF**  
Catherine Ritchie, **RÉDACTRICE EN CHEF ADJOINTE**  
Christian Levesque, **CHEF DE STUDIO**  
Hélène Verger, **MAQUETTISTE**  
Bénédicte Nansot, **SECréTAIRE DE RÉDACTION**  
Nadège Lucas, **ASSISTANTE DE LA RÉDACTION**  
Béatrice Bocard, **Jean-François Chaix**  
**TRADUCTEURS**

**MARKETING ET BUSINESS DÉVELOPPEMENT**  
Julie Le Floch, *Directrice adjointe*  
**DIFFUSION**  
Serge Hayek, *Directeur Commercial Réseau*  
(01 73 05 64 71)  
Bruno Recurt, *Directeur des Ventes*  
(01 73 05 56 76)  
Laurent Grolée *Directeur Marketing Client*  
(01 73 05 60 25)  
Charles Jovin, *Directeur Marketing Opérationnel*  
(01 73 05 53 28)

**FABRICATION**  
Stéphane Roussès, Maria Pastor  
Imprimé en Allemagne :  
Mohn Media, Carl-Bertelsmann-Strasse 161M  
33111 Gütersloh (Allemagne)

**SERVICE ABONNEMENTS**  
National Geographic France et DOM TOM  
62 066 Arras Cedex 09. Tél. : 0 811 23 22 21  
www.prismashop.nationalgeographic.fr  
Dépôt légal : août 2015  
Diffusion : Presstalis. ISSN 1297-1715.  
Commission paritaire : 1214 K 79161

**PUBLICITÉ**  
**Directeur exécutif Prisma Media :**  
Philipp Schmidt (01 73 05 51 88)

**Directrice commerciale :**  
Virginie Lubot (01 73 05 64 50)

**Directrice commerciale (opérations spéciales) :**  
Géraldine Pangrazi (01 73 05 47 49)

**Directeur de publicité :**  
Arnaud Maillard (01 73 05 49 81)

**Responsables de clientèle :**  
Evelyne Allain Tholy (01 73 05 64 24)  
Karine Azoulay (01 73 05 69 80)  
Sabine Zimmermann (01 73 05 64 69)

**Directrice de publicité - Secteur Automobile et Luxe :**  
Dominique Bellanger (01 73 05 45 28)

**Responsable Back Office :**  
Céline Baude (01 73 05 64 67)

**Responsable exécution :**  
Laurence Prêtre (01 73 05 64 94)

**Assistante commerciale :**  
Corinne Prod'homme (01 73 05 64 50)

**VENTE AU NUMÉRO ET CONSULTATION :**  
Tél. : 0 811 23 22 21  
(prix d'une communication locale)

**Abonnement au magazine**  
France : 1 an - 12 numéros : 45 €  
Belgique : 1 an - 12 numéros : 45 €  
Suisse : 14 mois - 14 numéros : 79 CHF  
(Suisse et Belgique : offre valable pour un premier abonnement)  
Canada : 1 an - 12 numéros : 73 CAN\$

## Licence de la NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY

Magazine mensuel édité par : **NG France**  
Siège social : 13, rue Henri-Barbusse,  
92624 Gennevilliers CEDEX  
Société en Nom Collectif au capital de 5 892 154,52 €  
Ses principaux associés sont :  
PRISMA MEDIA et VIVIA  
MARTIN TRAUTMANN, Directeur de la publication  
MARTIN TRAUTMANN, PIERRE RIANDET, Gérants  
13, rue Henri-Barbusse, 92624 Gennevilliers Cedex  
Tél. : 01 73 05 60 96 - Fax : 01 73 05 65 51  
FABRICE ROLLET, Directeur commercial  
Éditions National Geographic Tél. : 01 73 05 35 37



La rédaction du magazine n'est pas responsable de la perte ou détérioration des textes ou photographies qui lui sont adressés pour appréciation. La reproduction, même partielle, de tout matériel publié dans le magazine est interdite. Tous les prix indiqués dans les pages sont donnés à titre indicatif.

# Crédits

---

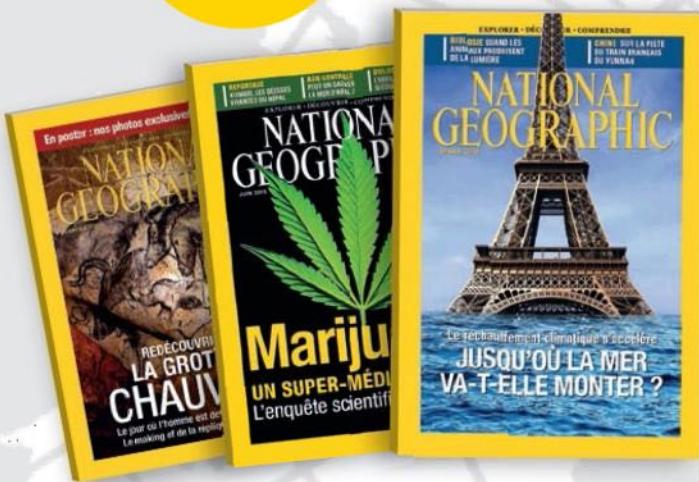
**Couverture** : Ikon Images/Corbis.

**3**, 3D4Medical **4**, Anatomical Travelogue/Science Source ; **6-7**, Ezra Shaw/Getty Images; **8**, 3D4Medical/Science Source; **10**, Anatomical Travelogue/Science Source; **12**, pixhook/iStockphoto; **13**, Matt Propert/National Geographic Creative; **14**, De Visu/Shutterstock; **16**, Carl Rohrig/National Geographic Creative; **17** (en haut), Jennifer C. Waters/Science Source; **17** (au centre), N. Kedersha/Science Source; **17** (en bas), Quest/Science Source; **18-19**, Thomas Deerinck, NCMIR/Science Source; **19**, Moredun Scientific/Science Source; **20**, AJPhoto/Science Source; **21**, Michael Ross/Science Source; **22**, Efired/Shutterstock; **23**, CNRI/Science Source; **24**, Doug Pensinger/Getty Images; **25**, Steve Prezant/Corbis; **26**, Ronnen Eshel/ Corbis; **27**, John Burcham/National Geographic Creative; **28-29**, Radius Images/Corbis; **30** (en haut), Darren Robb/The Image Bank/Getty Images; **30** (en bas), Anatomical Travelogue/Science Source; **32-33**, Nina Vlachova/Shutterstock; **34**, Dr. Arthur Tucker/Science Source; **35**, Steve Gschmeissner/Science Source; **36**, Jens Nieth/Corbis; **38**, Dan Kosmayer/Shutterstock; **40**, Fernando Da Cunha/Science Source; **42**, avec l'aimable autorisation de Deisseroth Lab; **43**, Springer Medizin/Science Source; **44-45**, AngiePhotos/iStockphoto; **46**, Hattie Young/Science Source; **47**, Alfred Pasieka/Science Source; **48**, Dusit/Shutterstock; **49**, A. Pasieka/Science Source; **50** (en haut), Joe McNally; **50** (en bas), Autoportrait, 1889 (huile sur toile), Vincent van Gogh (1853-1890)/Musée d'Orsay, Paris, France/Giraudon/The Bridgeman Art Library; **52-53**, Anatomical Travelogue/Science Source; **54-55**, Aristide Economopoulos/The Star-Ledger/Corbis; **56-57**, Jason Moore/ZUMAPRESS.com/Alamy; **58**, racorn/Shutterstock; **59**, Jason Stang/Corbis; **60-61**, Alfred Pasieka/Science Source; **62-63**, Atlaspix/Shutterstock; **63**, Science Photo Library/Science Source; **64**, Thomas Klee/Shutters-

tock; **66**, celsopupo/iStockphoto; **66-67**, LI CHAOSHU/Shutterstock; **68**, Michele Constantini/PhotoAlto/ Corbis; **70-71**, David Marchal/iStockphoto; **72-73**, David Orcea/Shutterstock; **73** (à gauche), terrymorris/iStockphoto; **73** (au centre), SPL/Science Source; **73** (à droite), NIBSC/ Science Source; **74-75**, Claus Lunau/Science Source; **76**, Team Static/fstop/Corbis; **77**, Ben Edwards/Corbis; **78-79**, SPL/Science Source; **79**, Samuel Ashfield/ Science Source; **80-81**, Jason Hosking/Corbis; **82-83**, ROB & SAS/Corbis; **84-85**, barisonal/iStockphoto; **85**, Suzanne Tucker/Shutterstock; **87** (en haut), Richard J. Green/Science Source; **87** (au centre), SPL/Science Source; **87** (en bas), James Cavallini/Science Source; **88-89**, PictureNet/Corbis; **90-91**, SPL/Science Source; **91**, Véronique Burger/Science Source; **92**, Reuters/Corbis; **93**, Vanessa Vick/Science Source; **94**, 3D4Medical; **95** (en haut), SPL/Science Source; **95** (en bas), SPL/Science Source; **96**, Stockbyte/Getty Images; **98-99**, ifong/Shutterstock; **100**, Tamas Panczel-Eross/Shutterstock; **102**, BSIP/Science Source; **103**, 3D4Medical.com; **104**, Lennart Nilsson; **105**, Francis Leroy/Science Photo Library/Corbis; **106-107**, Leemage/Corbis; **107**, Véronique Estiot/Science Source; **108-109**, Yaromir/Shutterstock; **109**, ZEP/Science Source; **110-111**, A. Barrington Brown/Science; **112-113**, James King-Holmes/Science Source; **114-115**, Olix Wirtinger/Corbis; **115**, Mika/Corbis; **116**, Max Aguilera-Hellweg; **117**, avec l'aimable autorisation de Carol Marchetto, Salk Institute for Biological Studies; **118-119**, Ilya Andriyanov/Shutterstock; **120-121**, Atlantide Phototravel/Corbis; **120**, Blend/Punchstock/Getty Images; **122**, Nathan Devery/Science Source; **123**, Jupiterimages/Getty Images; **124-125**, Alain Dex/ Science Source; **125**, Russell Kightley/Science Source; **126** (en haut), GIPhotostock/ Science Source; **126** (en bas), Scott Camazine/Science Source.

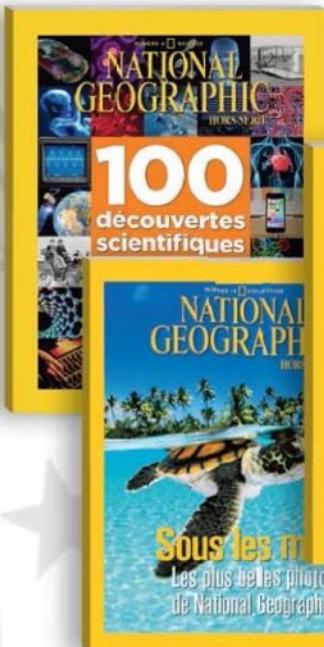
# Abonnez-vous à l'Offre Liberté et recevez National Geographic + les hors-séries

PRÈS DE  
**35%**  
DE RÉDUCTION\*



**12 NUMÉROS PAR AN**

**CHAQUE MOIS, AVEC NATIONAL GEOGRAPHIC,**  
VIVEZ UNE AVENTURE HUMAINE UNIQUE !



**4€ 50**  
/mois  
au lieu de 6€<sup>90</sup>

**3 NUMÉROS  
PAR AN**

NATIONAL GEOGRAPHIC VOUS PROPOSE **3 HORS-SÉRIES PAR AN**  
QUI PERMETTENT D'APPROFONDIR UN SUJET SPÉCIFIQUE.

## VOS AVANTAGES ABONNÉS

**BÉNÉFICIEZ D'UNE RÉDUCTION IMPORTANTE PAR RAPPORT AU PRIX DE VENTE AU NUMÉRO..**

**AVEC L'OFFRE LIBERTÉ, VOUS ÊTES LIBRE DE SUSPENDRE VOTRE ABONNEMENT À TOUT MOMENT.**

**JE PEUX GÉRER MON ABONNEMENT EN LIGNE SUR WWW.PRISMASHOP.FR**

**VOUS RECEVEZ VOS MAGAZINES À DOMICILE ET VOUS ÊTES SÛR DE NE RATER AUCUN NUMÉRO.**

## BON D'ABONNEMENT

Bulletin à compléter et à retourner sans affranchir à : **National Geographic** - Libre réponse 91149 - 62069 Arras Cedex 09.  
Vous pouvez aussi photocopier ce bon ou envoyer vos coordonnées sur papier libre en indiquant l'offre et le code suivant : **NGEHS2015P**

### 1 - JE CHOISIS MON OFFRE D'ABONNEMENT

**Offre Liberté :**  
4€<sup>50</sup>/mois au lieu de 6€<sup>90</sup> pour 12 numéros de National Geographic + 3 hors séries par an.  
Je recevrai l'autorisation de prélèvement à remplir.

**Je préfère un paiement comptant :**  
54 € pour 1 an - 12 numéros de National Geographic + 3 hors séries.  
Je choisis mon mode de règlement.

**Le mensuel seul :** 45 € pour 1 an - 12 numéros de National Geographic  
Je choisis mon mode de règlement.

### 2 - MES COORDONNÉES

**Je note ci-dessous mes coordonnées :** \_\_\_\_\_

**Mme**  **M** (Civilité obligatoire)

Nom : \_\_\_\_\_

Prénom : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

Code Postal : \_\_\_\_\_ Ville : \_\_\_\_\_

**Merci de m'informer de la date de début et de fin de mon abonnement :**

Tél. : \_\_\_\_\_  
E-mail : \_\_\_\_\_

**Je souhaite être informé(e) des offres commerciales du groupe Prisma Media.**

**Je souhaite être informé(e) des offres commerciales des partenaires du groupe Prisma Media.**

### 3 - MON RÈGLEMENT

**Je choisis mon mode de règlement :**

Chèque bancaire à l'ordre de NATIONAL GEOGRAPHIC FRANCE  
 Carte bancaire : (Visa ou Mastercard)

N° :

Date de validité : Cryptogramme :

Signature obligatoire :

L'abonnement, c'est aussi sur : [www.prismashop.nationalgeographic.fr](http://www.prismashop.nationalgeographic.fr)

ou au 0 826 963 964 (0,15€/min)

NGEHS2015P

\*Par rapport au prix de vente au numéro. Offre réservée aux nouveaux abonnés de France Métropolitaine. Les informations ci-dessus sont indispensables au traitement par Prisma Media de votre abonnement. A défaut, votre abonnement ne pourra être mis en place. Ces informations sont communiquées à des sous-traitants pour la gestion de votre abonnement. Par notre intermédiaire, vous pourrez être amené à recevoir des propositions des partenaires commerciaux du groupe Prisma Media. Conformément à la loi Informatique et Libertés du 6 janvier 1978 modifiée, vous disposez d'un droit d'accès, de rectification et d'opposition aux informations vous concernant auprès du groupe Prisma Media. Si vous acceptez que ces informations soient transmises à des partenaires du groupe Prisma Media, ceux-ci peuvent être situés hors de France. Les tarifs indiqués sont garantis pendant 6 mois à compter de la date d'abonnement. Au-delà des 6 mois d'abonnement, les tarifs pourront être modifiés en fonction de l'évolution des conditions économiques.

# L'Histoire éclaire le présent

ca  
M'INTÉRESSE

EXPLORER LE PASSÉ POUR COMPRENDRE LE PRÉSENT SEPTEMBRE-OCTOBRE 2015 N° 32 5,95 €

CATHÉDRALES  
LA GLOIRE DE  
LA FRANCE

AVANT MEETIC  
LES BONS PLANS  
DU "CHASSEUR  
FRANÇAIS"

ÉTAT ESPION  
ON EST SURVEILLÉS  
DEPUIS 2000 ANS !

SERIAL  
KILLERS

LES PLUS GRANDS  
MEURTRIERS  
DE L'HISTOIRE

CHARLES CLÉMENT, GILLES DE RAIS, JOHN CHRISTIE,  
LE TUEUR DU ZODIAQUE, ANDRÉÏ TCHIKATILO...

ca Histoire  
M'INTÉRESSE

CATHÉDRALES  
LA GLOIRE DE  
LA FRANCE

AVANT MEETIC  
LES BONS PLANS  
DU "CHASSEUR  
FRANÇAIS"

ÉTAT ESPION  
ON EST SURVEILLÉS  
DEPUIS 2000 ANS !

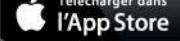
SERIAL  
KILLERS

LES PLUS GRANDS  
MEURTRIERS  
DE L'HISTOIRE

CHARLES CLÉMENT, GILLES DE RAIS, JOHN CHRISTIE,  
LE TUEUR DU ZODIAQUE, ANDRÉÏ TCHIKATILO...

Téléchargez  

Disponible sur [www.prismashop.fr](http://www.prismashop.fr) et sur votre tablette

Télécharger dans l'App Store 

DISPONIBLE SUR Google play 