

GEO HORS-SÉRIE SAVOIR

Sport et bien-être

PRATIQUE
24 PAGES

Nos conseils
pour bien choisir
votre activité

Equilibre, vitalité, maîtrise de soi...
Ce que la science nous démontre



PHYSIOLOGIE

L'homme, l'être vivant le mieux taillé pour la course

MUSCLES

Ils stimulent aussi notre esprit !

ÉQUILIBRE

Pourquoi l'oreille est au centre de tout

ENFANT

Doué ou pas pour le sport ?
Comment le savoir

Dossier spécial santé

Septembre 2013
N°391
3,50 €

ca
M'INTÉRESSE

NATURE
Des jardins complètement insensés

ENQUÊTE
Notre pays peut-il s'adapter au boom des seniors ?

SOCIÉTÉ
L'école joue-t-elle encore son rôle d'ascenseur social ?

CONSO
On le fabrique en Bretagne... vive notre emmental !

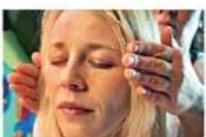
CULTURE
Pourquoi Dracula fait-il autant d'émules ?



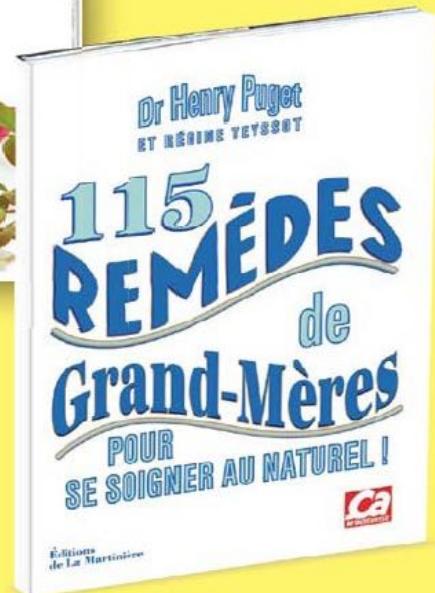
Se soigner sans médecin

Herboristes, rebouteux, chamans...

- Que peuvent-ils guérir ?
- D'où tiennent-ils leur savoir ?
- Pourquoi ça marche



Pour
3€90
de plus



Le livre « 115 remèdes de grand-mères »

Les remèdes naturels ancestraux et malins pour soigner les tracas quotidiens.

Se poser des questions, **ca** fait avancer.

GEO

SAVOIR

13, rue Henri-Barbusse, 92624 Gennevilliers Cedex
Standard : 01 73 05 45 45. Fax : 01 47 92 66 75.

RÉDACTEUR EN CHEF : Eric Meyer
Secrétariat : Claire Brossillon (6076),
Corinne Barouger (6061)
DIRECTRICE ARTISTIQUE : Delphine Denis (4873)
RESPONSABLE ÉDITORIALE : Agnès Diricq (6345)
SECRETARIAT DE RÉDACTION :
Christian Debralsine, Laurence Maouniry (5776)
SERVICE PHOTO : Nathalie de Besombes
MAQUETTE : Dominique Salfati (6084)
TRADUCTEURS : Emmanuel Basset,
Frank Jackzentsis, Laurence Le Van
et Liora Stuhrenberg
FABRICATION : Stéphane Roussiès, (6340)
Jérôme Brotons (6282),
Anne-Kathrin Fischer (6286)

Hors-série édité par
GROUPE PRISMA MÉDIA

13, rue Henri-Barbusse, 92624 Gennevilliers Cedex
Société en nom collectif au capital de 3 000 000 €,
d'une durée de 99 ans, ayant pour gérant Gruner +
Jahr Communication GmbH. Ses trois principaux
associés sont Média Communication S.A.S.,
Gruner und Jahr Communication GmbH,
France Constanze-Verlag GmbH & Co KG.
DIRECTEUR DE LA PUBLICATION : Rolf Heinz
ÉDITEUR : Martin Trautmann
Directrice marketing : Delphine Schapira
Chef de groupe : Virginie Baussen.
Directrice commerciale : Chantal Follain de
Saint Salvy. Directrice commerciale (opérations
spéciales) : Géraldine Panazzi. Directrice de
publicité : Virginie de Berneude. Responsables de
clientèle : Evelyne Allain Tholy, Pauline Minighetti.
Responsable Luxe Pôle Premium : Constance
Dufour. Responsable Back Office : Céline Baudé.
Responsable exécution : Sandra Ozenda.
Assistante commerciale : Corinne Prod'homme
Directrice des études éditoriales : Isabelle
Demally Engelsen. Directrice marketing
client : Nathalie Lefebvre du Prey. Directeur
commercialisation réseau : Serge Hayek.
Directeur des ventes : Bruno Recurt

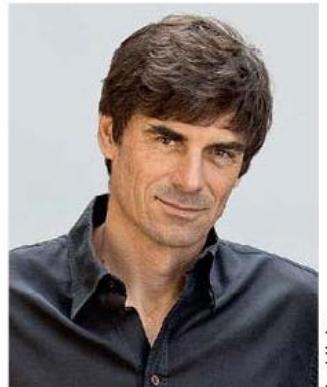
Imprimé en Allemagne :
MOHN Media Mohndruck GmbH,
Carl-Bertelsmann-Straße 161 M, 33311 Gütersloh
© Prisma Média 2013. Dépôt légal : septembre-
octobre 2013. Diffusion Presstalis - ISSN 0220-8245.
Création : mars 1979.
Commission paritaire : n° 0913 K 83550

GEO

kompakt

Gruner + Jahr Communication GmbH
Brieffach 24, 20444 Hamburg, Allemagne
tél. +49 40/3703-0, www.GEOkompakt.de

RÉDACTEUR EN CHEF : Michael Schaper
CONCEPTION ÉDITORIALE :
Jörn Auf dem Kampe
DIRECTEUR ARTISTIQUE : Torsten Laaker
RÉDACTION : Henning Engeln, Rainer Harf,
Sebastian Witte
DIRECTION PHOTO : Lars Lindemann
RÉVISION : Susanne Gilges, Bettina Süßenmilch
ÉDITEUR : Peter-Matthias Gaede
DIRECTION DE LA PUBLICATION :
Gerd Brüne, Thomas Lindner
Copyright © 2013 Gruner + Jahr Hamburg



Le désir guide la balle

Yannick Noah, avant d'écrire des chansons, avait publié un livre sur le sport. Il y écrivait qu'un bon entraînement «était douloureux pour le corps mais jouissif pour l'esprit». Et que «l'ambition du champion était de progresser dans la joie». Il n'avait pas tort. Le neurobiologiste qui s'exprime dans ce numéro ne dit pas autre chose. La performance sportive dépend d'abord du plaisir qu'on retire de l'activité physique. Et voilà ce que notre époque oublie. La télé montre des champions-mutants qui, par exemple, grimpent au Mont-Blanc et en redescendent en 4 h 57 min, là où un être humain bien exercé met deux jours. Au bureau, tel collègue annonce qu'il «fait ses soixante kilomètres par semaine» pour préparer un marathon. A la maison, on se dit que le «gamin est trop collé à l'ordi et décidément, il FAUT qu'on le mette au sport». Sport-performance, sport-prison. L'activité physique est certes – et ce numéro le montre – affaire de connaissances scientifiques, de technique, d'entraînement, mais n'amène à rien si celui qui la pratique n'a pas les «yeux qui brillent». S'il ne renoue pas avec ce plaisir qui vient du fond des âges et qu'il aura ressenti, enfant, lorsqu'il courait dans les bois, trébuchait, jetait un caillou, maniait le bâton, bandait l'arc ou shootait pour la première fois vers un but. Noah ne l'a pas écrit, mais il aurait pu : c'est d'abord le désir qui guide la balle.

ÉRIC MEYER
Rédacteur en chef

E. Meyer

Les capacités physiques. Endurance, dextérité, force... Aucune espèce ne possède la mobilité de *Homo sapiens*. 6

6

Les muscles. Les moteurs du corps ne mettent pas seulement les membres en mouvement, ils peuvent aussi stimuler l'esprit. 36

36

Sport et santé. L'effort physique stimule le métabolisme, abaisse la pression artérielle, renforce les poumons et consolide les os. 22

15

A woman in a blue top and black shorts is jogging on a sandy beach. The background shows a beautiful sunset over the ocean with warm orange and yellow hues. The sky is clear and blue above the horizon.

L'endurance. Comment la capacité de courir, particulièrement remarquable chez l'homme, a pesé dans son évolution. **28**

10

A photograph showing five children of various ages and ethnicities climbing on a white indoor climbing wall covered in numerous colorful, rounded climbing holds. The children are in different stages of their climb, some reaching for holds while others are in mid-air or descending. They are wearing casual athletic clothing like t-shirts, shorts, and tank tops. The climbing wall is set against a light-colored wall, and the floor is a blue padded mat.

Le développement. Quel sport pour mon enfant ? Les réponses du neurobiologiste Gerald Hüther à une question qui préoccupe les parents. **106**

06

Le dos. Notre colonne vertébrale est capable de supporter des charges très lourdes. Alors, pourquoi sommes-nous tant à souffrir du dos ? 58

58



L'équilibre. Notre organisme est doté d'un ingénieux système qui nous permet de rester stables en permanence. Explications. **48**



La main. 27 os et 36 articulations font de cet organe un outil universel, indispensable pour la pratique de nombreux sports. **72**

GUIDE PRATIQUE

Natation, cyclisme, hockey ou judo ? Ce tour d'horizon des disciplines sportives présente leurs différentes caractéristiques, de façon à permettre aux débutants d'effectuer les bons choix, et aux sportifs confirmés de s'améliorer et d'éviter les blessures.



PROLOGUE

L'homme, as du mouvement. Pourquoi *Homo sapiens* est l'espèce la plus polyvalente en matière d'activité sportive. **6**

ÉVOLUTION

Le meilleur coureur du monde animal. Comment nos ancêtres ont acquis la capacité de courir de longues distances. **28**

La colonne vertébrale. En un demi-milliard d'années, elle n'a cessé d'évoluer mais sans radicalement changer. **68**

Un miracle d'intelligence. La main humaine est à la fois un outil de préhension puissant et un organe tactile ultrasensible. **72**

ANATOMIE

Les moteurs de l'être. Au-delà d'un rôle mécanique, les muscles produisent des substances agissant sur tout l'organisme. **36**

L'art de l'équilibre. Le système ajustant la position du corps dans l'espace est l'un des plus complexes du corps humain. **48**

Biceps et calories... Des chiffres et des faits étonnantes concernant notre organisme en mouvement. **70**

LES VERTUS THÉRAPEUTIQUES

Les bénéfices de l'effort physique. Pourquoi le sport peut éviter des maladies et amener à en guérir. **22**

Le sens de l'équilibre. Comment entraîner ce « sixième sens » et ce, jusqu'à un âge avancé. **56**

Les mécaniques subtiles du dos. Les traitements efficaces contre le mal de dos sont à la portée du patient lui-même. **58**

« Chaque enfant est doué pour le sport. » Un spécialiste du cerveau explique comment aider les jeunes à développer leurs dons. **106**

Couverture: Adam Pretty / Getty Images.

Courrier des lecteurs. Vous souhaitez réagir à la lecture de ce numéro ? Ecrivez-nous. Service courrier des lecteurs : 13, rue Henri-Barbusse, 92624 Gennevilliers Cedex. E-mail : lecteurs@geo.presse.fr – Site GEO : geo.fr

Bien choisir son sport	Dix conseils de base	84
Course à pied	Ne partez pas à fond !	86
Cyclisme	Les graisses brûlent	88
Natation	Le corps entier travaille	90
Sports de glisse	Les bienfaits de la piste	92
Tennis	Endurance et rapidité	94
Sports de combat	La maîtrise de soi	96
Fitness	Faire reculer ses limites	98
Sports de rame	Idéal pour les articulations	100
Football	Un match, 1000 actions	102
Hockey	En force et en finesse	104

L'homme, as du mouvement



Grâce à de puissants battements de jambes, cette nageuse se propulse après avoir effectué un virage sous l'eau. Au cours des dernières années, des techniques particulièrement efficaces et qui s'inspirent souvent d'exemples du monde animal se sont répandues dans le monde du sport. Ici, l'athlète reproduit les ondulations du dauphin pour aller plus vite.

L'évolution nous a dotés d'un corps plus flexible que celui de n'importe quelle autre espèce du règne animal. Nos jambes sont parfaitement adaptées à la course, nos mains si polyvalentes que nous sommes capables de pratiquer, grâce à elles, des centaines d'activités sportives. L'agencement des muscles et des os nous permet de nager, grimper et sauter aussi bien que de tenir en équilibre sur une corde ou lancer un javelot. Bref, en matière de sport et de mouvement, **L'HOMME EST L'ÊTRE VIVANT LE PLUS POLYVALENT.**

Traduction Liora Stuhrenberg





L'endurance

Lors de cette course à Portland, dans l'Oregon, les cyclistes ne se contentent pas de pédaler. Ils doivent aussi porter leur vélo pour franchir des obstacles, comme ces escaliers. Malgré les nombreux scandales de dopage, le cyclisme reste l'un des sports les plus appréciés du monde, car il permet d'améliorer la résistance de façon optimale et de renforcer ainsi **LE SYSTÈME CARDIO-VASCULAIRE**.







La maîtrise de soi

La gymnaste américaine McKayla Maroney effectue un salto arrière sur une poutre de dix centimètres de large. Si elle peut réaliser une telle figure, c'est parce qu'elle possède **DES MILLIONS DE RÉCEPTEURS SENSORIELS** enregistrant et envoyant au cerveau la position de son corps dans l'espace ainsi que chaque accélération produite par le mouvement. Et ce, en quelques fractions de seconde.



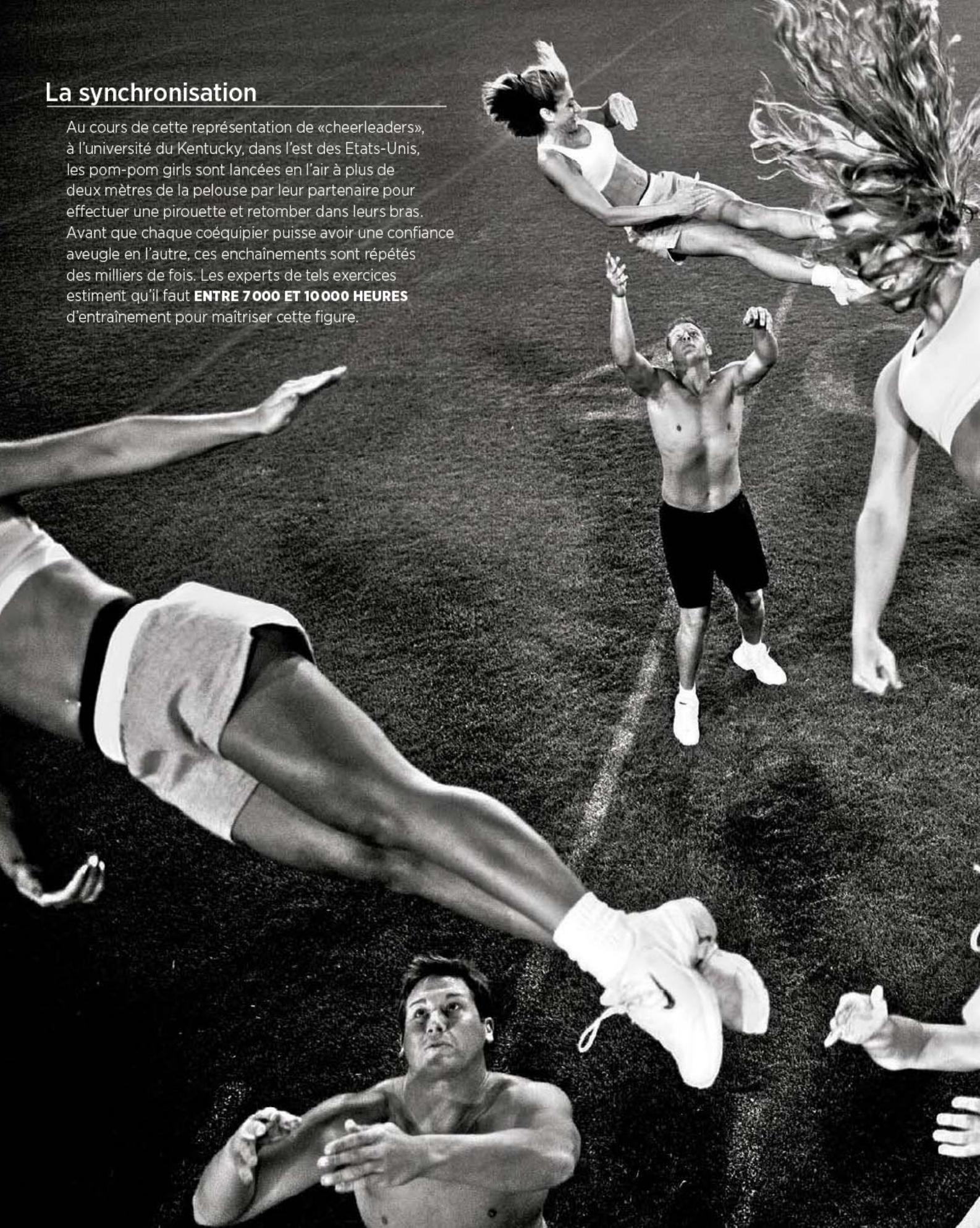
L'alliance de la force et de la technique

Réussir dans un sport collectif, comme ici au cours d'une compétition d'aviron à Bondi Beach, en Australie, ne dépend pas seulement de la somme des muscles de chacun, mais surtout de **LA COORDINATION AU SEIN DE L'ÉQUIPE** dans un contexte de pression maximale. Si les athlètes ne plongent pas dans l'eau la pale de leurs avirons simultanément, au centième de seconde près, le bateau perd le rythme et ainsi, des chances de franchir la première ligne d'arrivée.



La synchronisation

Au cours de cette représentation de «cheerleaders», à l'université du Kentucky, dans l'est des Etats-Unis, les pom-pom girls sont lancées en l'air à plus de deux mètres de la pelouse par leur partenaire pour effectuer une pirouette et retomber dans leurs bras. Avant que chaque coéquipier puisse avoir une confiance aveugle en l'autre, ces enchaînements sont répétés des milliers de fois. Les experts de tels exercices estiment qu'il faut **ENTRE 7 000 ET 10 000 HEURES** d'entraînement pour maîtriser cette figure.







Le doigté

Dans la vallée de Höllental («vallée de l'Enfer»), en Basse-Autriche, le Belge Micha Vanhoudt a été le premier à venir à bout de l'ascension extrêmement difficile de cette falaise. Il doit cette victoire à ses mains, un outil universel qui lui permet, entre autres, de rechercher les prises idéales en explorant la surface de la pierre, voire de rester un court instant suspendu dans le vide. Les extrémités de ses doigts

RETIENNENT TOUT LE POIDS DE SON CORPS,
supportant une pression intense.



La vitalité

Course d'obstacles de 2 000 mètres pour seniors... Plusieurs études ont montré que, même au-delà de 80 ans, l'homme peut accroître considérablement ses capacités physiques en suivant un entraînement léger de course à pied, de sport en salle ou de danse. Ces exercices améliorent la mobilité. **L'ESPÉRANCE DE VIE** s'en trouve ainsi allongée.







La coordination

A photograph of a skateboarder performing a trick on a ramp at sunset. The scene is bathed in warm orange and yellow light. In the foreground, the dark silhouette of a skateboard is visible on the left. The background shows several other people standing on the ramp, watching the skater. The overall atmosphere is energetic and captures a moment of skill and coordination.

L'être humain, comme ici ce skateur californien, est capable d'apprendre sans cesse de nouveaux enchaînements de mouvements. Au cours de la phase d'initiation, **DES CONNEXIONS S'ÉTABLISSENT** à l'intérieur du cerveau entre les neurones. Une fois que ces liens ont été consolidés par la répétition de l'exercice, les automatismes acquis restent imprimés dans la mémoire et se remettent en marche, même si la pratique est interrompue pendant des décennies.

Les bénéfices de l'effort physique

Le sport nous fait plus de bien que ce que l'on pensait il y a peu de temps encore. Pendant l'exercice, les muscles produisent des substances bienfaisantes. Les os, articulations et organes se renforcent. Des dommages se réparent dans notre ADN. Défenses immunitaires, mémoire et humeur s'améliorent.

Par Bertram Weiss (traduction : Liora Stuhrenberg) et Tim Wehrmann (illustration)



utemps où les hommes ne faisaient pas encore la différence entre science et mythes, où connaissance et croyances magiques étaient indissociables, ils pouvaient encore rêver librement. Parmi leurs espérances figurait celle des alchimistes du Moyen Age : trouver une potion magique capable de guérir tous les maux et de prolonger la vie. Ce fut une quête vaine, et la panacée recherchée resta du domaine du rêve. La vie est trop complexe, les corps humains bien trop différents, et les maladies trop variées pour un remède universel.

Pourtant, depuis quelques années, les scientifiques réalisent qu'il existe quelque chose étonnamment proche du rêve des alchimistes. Une chose que tous les hommes savent bénéfique pour leur corps et leur âme : l'effort physique. Le sport permet de rester en forme. C'est un savoir communément répandu. Mais les chercheurs démontrent désormais, à force d'études toujours plus nombreuses, qu'il possède des vertus curatives insoupçonnées.

Que l'on coure, nage ou joue au badminton, l'activité physique est la méthode la plus efficace, la mieux tolérée par l'organisme et la plus variée pour repousser la mort. Avec l'adoption d'une alimentation équilibrée, le sport constitue ce qu'il y a de meilleur pour notre santé, à la fois un remède et un moyen de prévenir la maladie. Une thérapie naturelle et universelle.

Pendant des siècles pourtant, les scientifiques ont soutenu le dogme contraire : pour être en bonne santé, il était essentiel de se ménager le plus possible. Contre de nombreuses maladies, les médecins prescrivaient de garder le lit des jours, voire des mois, la règle d'or étant que plus les maux étaient aigus, plus le repos devait se prolonger. Une croyance erronée que médecins du sport, chercheurs et psychologues rejettent depuis quelques années. D'un point de vue statistique aussi, il est de plus en plus évident que l'activité physique réduit le risque de souffrir de nombreuses pathologies : diabète, dépression, maladies cardio-vasculaires et même certains cancers.

A l'heure actuelle, les biologistes identifient avec une précision croissante les mécanismes déclenchés lorsque notre corps se met en mouvement, et classent les bénéfices de l'activité sportive dans quatre sphères de l'organisme : l'anatomie, comprenant les os, les articulations, les organes et les tissus qui se renforcent ; la physiologie, car le sport active les cellules jouant un rôle, par exemple, dans la défense contre les infections ou l'assimilation des aliments ; le patrimoine héréditaire, c'est-à-dire l'ADN dont certains dommages peuvent être réparés grâce à l'activité physique ; le psychisme, enfin, la mémoire et les capacités cognitives étant stimulées et l'humeur modifiée, contribuant ainsi à notre bien-être. Selon les experts, l'exercice est donc l'un des fondements de notre santé. Et il n'existe aucun substitut.

I. ANATOMIE

Comment un entraînement physique régulier renforce nos organes internes

Quels que soient les effets du sport sur l'organisme, ceux-ci passent toujours en premier lieu par les muscles. En effet, le rôle de ces tissus fibreux ne se limite pas à nous faire avancer et bouger de manière purement mécanique, à l'instar de simples moteurs. Comme les chercheurs l'ont découvert récemment, les muscles se comportent également comme un système d'organes envoyant des messages qui amènent le corps à se renforcer, se renouveler et se soigner (lire p. 36). Dès que les fibres musculaires se mettent en mouvement, elles libèrent des milliers de molécules protéiques transmettant des ordres aux autres organes, aux tissus et aux cellules dans tout l'organisme. Les muscles stimulent ainsi l'ensemble du corps et le poussent à se régénérer en permanence.

Ce phénomène concerne tout d'abord notre anatomie, l'architecture même de notre corps, car chaque mouvement provoque une transformation des muscles eux-mêmes. Tandis que la graisse excédentaire est brûlée, ils deviennent plus volumineux et plus puissants sous l'influence des substances qu'ils sécrètent eux-mêmes au



Sol Neiman

Quand nous courons (ici les Highland Games, en Ecosse), le sang circule plus vite, approvisionnant mieux l'organisme en oxygène.

cours d'une activité physique, d'où une modification de la forme de tout l'appareil locomoteur, variable selon l'activité pratiquée et son intensité.

Les muscles agissent également sur les os à travers les tendons, ce qui stabilise les appuis du corps et le rend suffisamment robuste pour ne pas se briser en éclats en cas de choc. Car comme les fibres musculaires, les os sont composés de cellules qui réparent et renouvellent l'organisme dès qu'elles sont stimulées.

Enfin, l'exercice permet d'entretenir le rembourrage protecteur localisé dans les articulations et renforce les tissus qui les enveloppent. Les substances chimiques sécrétées à chaque mouvement agissent comme une pomade, un lubrifiant naturel : elles enclenchent un processus physiologique qui aboutit à l'atténuation des douleurs articulaires ainsi que de certains rhumatismes inflammatoires. Le sport est le meilleur remède à l'arthrose qui, instinctivement, pousserait plutôt à stopper l'exercice. Pour nombre d'individus, s'astreindre à une activité corporelle régulière est le moyen d'éviter, grâce à la production de ces substances, le recours à des prothèses articulaires, du genou ou de la hanche par exemple. Une prévention qui se révèle déterminante lorsqu'on a passé un certain âge : plusieurs études ont montré que la pratique d'un sport après 40 ans réduit le risque d'une intervention chirurgicale destinée à installer une prothèse.

II. PHYSIOLOGIE

Comment le sport opère au niveau cellulaire

En explorant l'influence des substances produites par les muscles sur le fonctionnement des cellules, les scientifiques se sont en particulier aperçus que courir, nager, ou encore grimper stimule des cellules de glandes endocrines. Une découverte qui pourrait expliquer que l'activité physique favorise la sécrétion d'hormones sexuelles chez les femmes à la ménopause – ce qu'ont démontré différentes études –, tandis qu'elle permet de combattre l'impuissance chez les hommes. Les chercheurs ont aussi

Quatre-vingt-dix minutes par semaine de jogging ou de vélo suffisent déjà à produire des effets positifs

établi que la fabrication de certains globules blancs du système immunitaire est accrue chez les individus faisant régulièrement du sport. Le nombre de ces cellules protégeant l'organisme contre l'intrusion d'agents pathogènes décroît en théorie avec l'âge, mais l'activité physique freine durablement ce processus.

L'exercice a aussi un effet positif sur les cellules de l'estomac qui, sous l'influence des substances chimiques sécrétées lors de l'effort, décomposent plus rapidement l'excès de sucre et les graisses, d'où un moindre •••

●●● risque de diabète, de syndrome métabolique et de surpoids. Certaines substances responsables de l'apparition de tumeurs sont également plus vite éliminées, ceci pouvant expliquer que les sujets ayant une pratique sportive régulière soient deux fois moins touchés par les cancers de l'estomac.

Par ailleurs, une activité physique ciblée atténue le syndrome d'épuisement que le patient atteint de cancer connaît souvent pendant et après la chimio et la radiothérapie. Se fondant sur ce constat, les cancérologues conseillent à de nombreux patients d'être physiquement actifs pendant et après le traitement. Un changement radical dans les pratiques puisque, il y a quelques années, ils prescrivaient le repos, le plus longtemps possible.

Dans les jours qui suivent un infarctus également, de plus en plus de malades se voient conseillés de se remettre à marcher, voire à courir. Car par son action sur la capacité cardiaque, l'activité physique assure un bon approvisionnement des cellules en nutriments et en oxygène. Et si certains petits vaisseaux se bouchent au niveau du cœur, l'exercice incite le corps à compenser ces goulets d'étranglement par la création de néovaisseaux constituant un système de dérivation naturel.

Pour les patients ayant déjà subi un accident cardiaque, l'entraînement régulier réduit le risque de récidive de 20 % par rapport à celui des sédentaires, tandis que le risque de maladie cardiaque est réduit d'un tiers pour les personnes en bonne santé. Les affections cardio-vasculaires étant la deuxième cause de mortalité en France (147 000 décès contre 154 000 dus aux cancers), la pratique du sport pourrait sauver de nombreuses vies.

III. GÉNÉTIQUE

Comment courir, nager ou jouer au football peut nous permettre de réparer notre ADN

Certains experts estiment que les effets bénéfiques de l'activité physique se propagent à une échelle plus petite que la cellule, jusque dans notre ADN sur lequel est gravé notre patrimoine héréditaire. L'exercice aurait ainsi une influence sur les plans de construction déterminant les caractéristiques et le fonctionnement de notre organisme.

En effet, après seulement vingt minutes d'effort physique, un processus, qui s'apparente bien à l'un des rêves les plus fous de la médecine, s'enclenche au niveau de la molécule d'ADN : la réparation de notre patrimoine héréditaire. Car le sport a pour conséquence de lever des petits blocages chimiques qui peuvent empêcher l'expression de certains gènes. Ces blocages résultent par exemple d'un stress intense ou d'autres facteurs de notre environnement et s'accumulent sur l'ADN au cours de la vie, perturbant de plus en plus l'accès à des informations importantes portées par la molécule de l'hérédité. ●●●

Exercice : quels

Les bienfaits du sport ne s'exercent pas que sur

1. La masse musculaire

augmente plus vite durant les deux premières semaines d'entraînement. Chez un sportif, les muscles travaillent de façon plus efficace et sont plus résistants, et le métabolisme de base (lire le cinquième point ci-dessous) s'accroît.



2. Le volume cardiaque

passe, au cours de l'effort, de 600-800 ml à 1 700 ml. Le cœur d'un sportif de haut niveau peut propulser dans ses vaisseaux jusqu'à 200 ml de sang par battement, deux fois plus que le cœur d'un individu non entraîné.



3. Les molécules de sucre

parviennent plus facilement dans les cellules de l'athlète. Plus vite acheminées jusqu'aux muscles, elles y livrent l'énergie nécessaire aux mouvements. Les sucres sont également le nutriment essentiel du cerveau et des reins.



4. L'oxygénation

des cellules est accrue chez les sportifs, car ils respirent un volume d'air jusqu'à cinq fois supérieur à celui des sédentaires, même si la fréquence est plus lente. Sans entraînement, cet approvisionnement diminue avec l'âge.



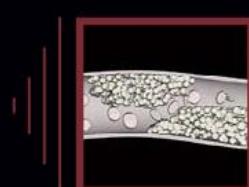
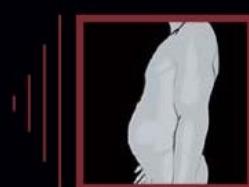
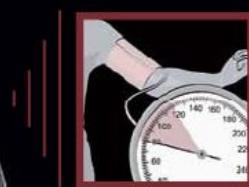
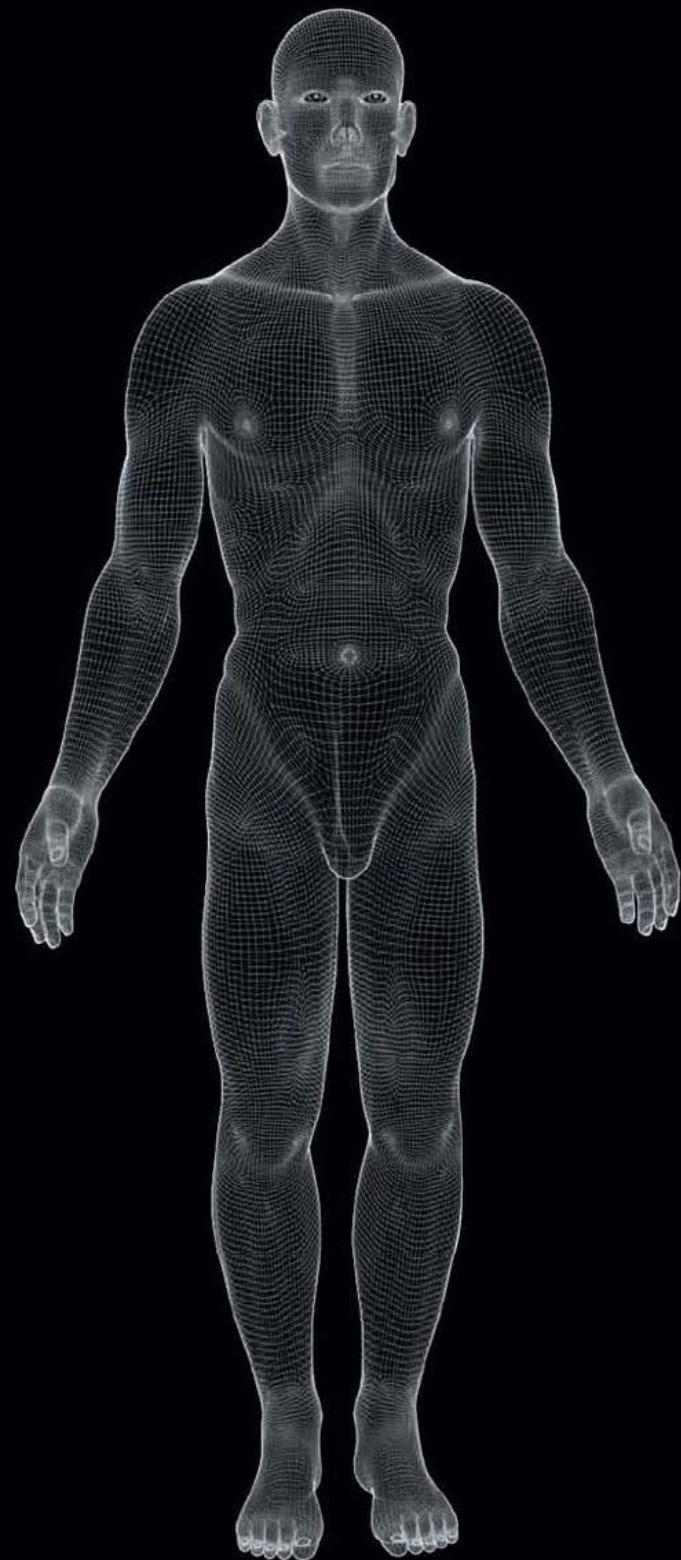
5. Le métabolisme de base

, énergie dont l'organisme a besoin pour assurer les fonctions vitales au repos, s'accroît quand la masse musculaire augmente. Le corps produit alors plus de chaleur, puisant plus efficacement dans ses réserves de sucres.



effets sur notre corps ?

nos muscles, mais aussi sur le métabolisme, la pression artérielle, les poumons et les os.



6. La température corporelle

s'élève durant l'effort, car les muscles transforment l'énergie chimique en mouvement et chaleur. Après une heure de course, elle devrait progresser de 23 °C, ce dont nous protège un système de refroidissement très efficace : la transpiration.

7. La densité des os s'intensifie lorsqu'une activité à impact comme la marche ou la course est pratiquée. Les cellules formant la matrice osseuse se multiplient, réduisant le risque de fracture. Les tendons des sportifs sont aussi plus élastiques que ceux d'un sédentaire.

8. La pression artérielle

s'abaisse car les vaisseaux sanguins s'élargissent. Pratiquer la marche de manière régulière, à un rythme un peu soutenu, suffit déjà à produire un tel effet, surtout chez les personnes souffrant au départ d'hypertension.

9. Les graisses diminuent, car le corps puise dans ses réserves d'acides gras lorsque les besoins en énergie dus à l'effort se font sentir. Le stock de lipides du tissu adipeux s'amenuise à condition que l'on n'augmente pas dans le même temps les apports caloriques par la nourriture.

10. Les lipides sanguins

sont moins concentrés, l'organisme ayant brûlé davantage de graisses lors de l'effort physique. Parallèlement, l'exercice augmente le taux de «bon cholestérol» ou HDL-cholestérol, réduisant ainsi le risque d'athérosclérose.

••• Les spécialistes n'en savent pas encore beaucoup sur ce processus appelé «épigénétique», mais il est probable, du moins c'est ce que certains d'entre eux espèrent, qu'à l'avenir des exercices physiques précis permettront d'améliorer l'élimination de ces blocages qui peuvent se constituer sur la molécule d'ADN.

IV. PSYCHISME

Comment l'activité physique influe sur notre humeur et notre fonctionnement mental

Les messages chimiques envoyés par les muscles ne se contentent pas d'influer sur notre forme physique, qu'il s'agisse de patrimoine héréditaire, de système immunitaire, de l'estomac ou encore de la densité osseuse. Ils ont aussi un effet sur notre esprit, puisque en étant physiquement actif, un individu stimule ses capacités intellectuelles et renforce son bien-être psychique.

Ce constat n'a, certes, rien de nouveau : au Moyen Âge déjà, les savants reconnaissaient que l'exercice influençait l'humeur d'une personne, même si la maxime bien connue tirée des «Satires» du poète romain Juvénal, «mens sana in corpore sano» (esprit sain dans un corps sain), concernait au départ une supplique adressée aux dieux et non un objectif de santé par le sport.

Il aura néanmoins fallu attendre ces dernières années pour que les chercheurs découvrent progressivement que l'effort n'est rien de moins que l'une des conditions essentielles à notre bien-être psychique.

Deux semaines de repos totalisé peuvent avoir sur le corps le même effet qu'un vieillissement de vingt ans

Rares sont les activités qui stimulent autant le développement cérébral des enfants que l'exercice physique. Celui-ci renforce la maturation des facultés cognitives, telles la résolution d'équations mathématiques et la mémorisation de nouveaux mots (lire p. 106). Des travaux scientifiques actuellement menés par le ministère de la Culture du Land de Hesse, en Allemagne, montrent même que les enfants améliorent leurs capacités de calcul et de lecture quand ils suivent un entraînement sportif ciblé de quinze minutes par jour seulement.

Il est également prouvé que l'effort corporel a un effet positif sur notre intelligence tout au cours de notre vie. Car toutes les activités physiques augmentent le flux sanguin, et ainsi la quantité de sang, d'oxygène et de substances chimiques circulant jusqu'au cerveau, le siège de nos pensées et de nos émotions. Ce surcroît d'afflux sanguin contribue à ce que l'interconnexion complexe des milliards de cellules nerveuses situées dans notre

cerveau demeure en bon état de marche pendant plusieurs décennies. De nouvelles connexions mûrissent alors entre nos neurones, et de nouvelles cellules apparaissent, contrairement à ce que l'on a longtemps affirmé, nous permettant de conserver ou de développer nos facultés mentales. Les chercheurs ont observé que même à un âge avancé, des promenades actives quotidiennes avivent les facultés intellectuelles.

Ces différentes découvertes ont conduit certains scientifiques à soulever des questions ambitieuses : l'effort physique pourrait-il empêcher la destruction des cellules nerveuses, comme c'est le cas dans la maladie d'Alzheimer ? L'activité sportive pourrait-elle permettre à l'esprit de ne jamais sombrer dans la démence ? L'exercice au grand air pourrait-il simplement stimuler des pensées créatives ou analytiques ?

Il est démontré, par exemple, que les dépressions ou les sentiments maladifs de mal-être pouvaient être soignés aussi efficacement par la pratique régulière d'une activité physique que par la prise de médicaments psychotropes ou par le suivi d'une thérapie. Même dans des cas d'alcoolisme, de crises d'angoisse ou de troubles obsessionnels, un entraînement physique modéré accroît les chances de guérison.

Ainsi, de nombreux thérapeutes ne s'appuient plus seulement sur l'utilisation de méthodes traditionnelles pour soigner leurs patients, ils vont parfois se promener avec eux, les envoient sur un ergomètre (tapis de course, rameur, vélo fixe, etc.) ou organisent des groupes de jogging ou des cours de danse. Car ils savent que l'entraînement physique peut avoir des effets immédiats sur les processus chimiques à l'œuvre dans le cerveau. En effet, lorsque nous

pratiquons une activité corporelle, des substances circulent dans le cerveau, qui ont un effet positif sur notre humeur ou agissent comme un tranquillisant. Un tel processus ne se déroule d'ailleurs pas uniquement pendant l'effort, et l'exercice physique permet d'équilibrer la sécrétion de neurotransmetteurs de façon durable. Par exemple, lorsque les muscles travaillent, la concentration en sérotonine augmente dans notre système nerveux avec un effet antidépresseur très rapide.

Chez les patients qui souffrent de troubles d'angoisse, l'exercice déclenche en outre un autre processus bénéfique. Lorsqu'ils pratiquent un sport, ces personnes font l'expérience de réactions corporelles qu'ils associent habituellement au sentiment de panique : accélération du rythme cardiaque et de la respiration, sueurs, vertiges... Elles apprennent de cette manière que de telles modifications sont tout à fait normales, et pas nécessairement des signes d'angoisse.



Jonas Bendiksens / Magnum

Dans les sports extrêmes, le cerveau produit des endorphines dont les propriétés sont proches de celles de la morphine.

Tout ceci ne signifie pas pour autant que plus on s'exerce physiquement, mieux on se porte. Comme pour la prise d'un médicament, il faut respecter les mesures pour éviter un surdosage entraînant des effets indésirables. Des sportifs trop ambitieux, qui s'entraînent de façon trop intensive, trop longtemps ou trop souvent, en courant par exemple des dizaines de kilomètres chaque jour, exposent leur cœur à des dommages. Lors d'efforts aussi extrêmes, la probabilité de se déchirer un ligament, de s'abîmer les articulations ou encore d'enflammer des tissus augmente également.

Quelle est alors la «dose» idéale de sport ? Où se situe la limite entre pas assez et trop d'effort physique ? Selon les experts, un entraînement modéré suffit déjà à produire des effets positifs sur notre organisme. Le risque de mortalité toutes causes confondues diminue de 15 % dès que le seuil de quinze minutes d'exercice par jour est atteint. Brûler 1 000 calories par semaine en pratiquant une activité corporelle de façon régulière et prolongée dans le temps n'est pas très difficile : un marcheur énergique brûle par exemple 330 calories en une heure, un cycliste rapide double ce chiffre. Un effort mesuré pourrait alors prendre la forme suivante : une bonne demi-heure de marche cinq jours par semaine, ou trente minutes de course à pied ou de vélo trois fois par semaine.

Mais il est également possible d'atteindre les mêmes effets positifs en encore moins de temps : par exemple en neuf minutes de vélo par semaine à une vitesse rapide et en plusieurs sessions. Il peut sembler incroyable qu'aussi peu suffise. Mais les scientifiques qui étudient depuis quelques années les effets de cet entraînement hautement intensif («high intensive training» ou HIT) y voient pourtant une alternative très sérieuse. Ils ont

notamment découvert que ce HIT permet au corps, sur le long terme, d'assimiler plus facilement les sucres pour les transformer en énergie.

Quoiqu'il en soit, le message clé de la recherche actuelle sur la question demeure : le principal, c'est de bouger. Pas une heure ne devrait s'écouler sans que l'on bouge. Car *Homo sapiens* n'est fait ni pour le sport extrême ni pour l'immobilité prolongée, mais pour une diversité de mouvements pratiqués de façon modérée et régulière.

Deux semaines sans activité peuvent produire l'effet d'un vieillissement de deux décennies. Et seul un entraînement sportif peut ensuite inverser les conséquences d'une telle diminution physique. Il suffit que nous restions alités pendant quelques jours et que nos muscles ne soient plus sollicités pour que les processus en œuvre dans le corps se dérèglent progressivement. Les messages chimiques libérés par les muscles se réduisent, en peu de temps le flux de protéines sécrété par les fibres se tarit. Les graisses s'accumulent dans le sang, des cristaux de minéraux ou de sel se forment à la fois dans les reins et dans le foie. Les tendons, ligaments et articulations se raidissent, les os se fragilisent, le rythme cardiaque ralentit, les muscles, le foie, le cœur et les poumons rétrécissent.

En une phrase : en l'absence d'activité physique, un état de désolation règne dans le corps humain, comme s'il perdait toute son énergie vitale.

Car la vie a besoin de mouvement. Tandis que l'immobilisme appartient à la mort. □

Bertram Weiss est journaliste scientifique à Hambourg. Encadré : Timo Brückner et Christa Roth. Conseils scientifiques : Ingo Froböse, directeur du Centre pour la santé et de l'Institut pour la thérapie par le mouvement et la prévention et la réhabilitation par l'effort physique de l'Ecole supérieure de sport allemande de Cologne.

L'homme d'aujourd'hui est un coureur de fond passionné. Et tellement résistant que, lorsqu'il s'agit de parcourir de longues distances, il peut même rivaliser avec le cheval. Cette capacité lui vient de ses aïeux qui, il y a deux millions d'années, se sont mis à chasser dans la savane africaine...

LE

MEILLEUR COUREUR DU RÈGNE ANIMAL

Par **Martin Paetsch** (traduction : Liora Stuhrenberg)
et **Karl Wesker** (illustrations)



GRÂCE À SON ANATOMIE ÉTONNANTE, l'être humain est, sur seulement deux jambes, le champion de la course d'endurance, même si certaines espèces animales le battent au sprint. Et il a fait exploser ses performances en se dotant de chaussures solides.

Dans la région de Llanwrtyd Wells, au pays de Galles, les coureurs rassemblés ce 12 juin 2004 semblent d'emblée perdants. Car dans l'épreuve qui se prépare, ils affronteront des forces qui a priori les dépassent, celles de chevaux. Deux jambes contre quatre, c'est l'idée de la «Man versus Horse Race» organisée tous les ans depuis 1980 à la suite d'un pari de comptoir : sur de grandes distances, un coureur de fond l'emporterait sur un cheval.

Depuis les débuts de cette aventure, jamais un homme n'a pu s'imposer. En ce jour, les paris sont prévisibles, à seize contre un, en défaveur du bipède. Pourtant, près de 500 coureurs vont tenter leur chance contre une quarantaine de chevaux et leurs cavaliers. Distance totale : plus de trente-cinq kilomètres. Un peu plus court qu'un marathon, mais sur un terrain nettement plus difficile. Il faut escalader des collines herbues, affronter des chemins bourbeux et traverser des lits de rivière empierrés. Un parcours plutôt fait pour le cheval, donc.

LES SPECTATEURS assemblés près de l'arrivée vont pourtant assister ce jour-là à un événement incroyable : le premier à franchir la ligne ne le fait pas sur quatre jambes, mais sur deux. C'est un Londonien de 27 ans nommé Huw Lobb. Sa victoire époustouflante fait sensation et se retrouve à la une des journaux du monde entier. Derrière elle se profile une énigme scientifique : comment un bipède plutôt chétif peut-il s'imposer face à une créature bourrée de muscles ?

A côté de nombreux autres mammifères, l'homme paraît en effet gringalet. D'ailleurs, nos ancêtres avaient vite appris à résoudre leurs problèmes par l'intelligence plutôt que la force pure, utilisant leur habileté manuelle avec des outils toujours plus complexes. Leur corps a ainsi perdu progressivement de sa force originelle. Voilà pourquoi aujourd'hui nos proches cousins nous surpassent à bien des égards. Les chimpanzés sont plus agiles, courrent plus vite et frappent plus

fort que nous. Bien que plus petits et légers, ils ne nous laisseraient aucune chance dans un combat à mains nues.

Pourtant, même face aux plus puissants du monde animal, nous excellons dans une discipline : la course de fond. Peu de mammifères maîtrisent cette forme de déplacement. A part les humains, seules les espèces formant des troupeaux migrateurs, tels les chevaux ou les gnous, ou les meutes de prédateurs comme les loups et les hyènes, peuvent courir de longues distances. Certes, ces animaux nous sément facilement sur distance moyenne. Les chevaux de course peuvent atteindre une moyenne de 23 km/h sur dix kilomètres, bien plus rapides que les meilleurs athlètes sur un trajet comparable. Au-delà néanmoins, ces animaux adoptent une allure plus lente, comme le trot. Les chevaux de relais par exemple, qui devaient parcourir de grandes distances, y parvenaient dans la journée à une moyenne de 20 km/h.

Sur des parcours aussi importants, l'homme déploie des facultés physiques extraordinaires, et les plus grands marathoniens atteignent la même vitesse que les chevaux de relais. Peu d'êtres vivants sont d'ailleurs capables de parcourir autant de kilomètres en une seule fois. Et rares sont ceux qui le font sans y être absolument contraints. Ainsi, les hyènes et les loups ne font qu'exceptionnellement vingt kilomètres par jour. Les hommes courent, eux, par plaisir. Et dans ce domaine, battent des records impressionnants : une personne bien entraînée accomplit sans difficulté dix kilomètres par jour. Le marathon, jadis domaine privilégié de quelques individus exceptionnels, est devenu un sport de masse. Et ses 42,195 kilomètres ne suffisent

même plus à certains athlètes ! En 1997, un Grec a couvert près de 303 kilomètres lors d'une course de vingt-quatre heures. Soit l'équivalent de plus de sept marathons. Des sportifs de l'extrême prolongent même le plaisir pendant plusieurs

semaines. Lors d'une épreuve qui a eu lieu à New York, les participants ont fait du matin au soir le tour du même pâté de maisons, dans le Queens. Leur défi : parcourir 5 000 kilomètres en moins de cinquante-deux jours, soit plus de deux marathons par jour.

Dans le domaine de la course à pied, les capacités de *Homo sapiens* semblent presque illimitées. Il possède certes moins de muscles que de nombreux animaux, mais lorsqu'il s'agit d'endurance et de persistance, aucun ne peut le concurrencer. Ses facultés sont encore plus étonnantes si on les compare à celles de ses plus proches cousins. Car si les autres primates peuvent courir, leur corps n'est pas conçu pour de longues distances. Pourquoi l'homme est-il le seul à disposer d'un tel talent ? Comment pouvons-nous couvrir des dizaines de kilomètres alors qu'un chimpanzé dépasse rarement cent mètres en une seule fois ? Ces questions ont conduit les biologistes à reconsiderer la grande histoire de l'être humain. Car jusqu'à récemment, ils jugeaient l'acquisition de la bipédie comme la plus grande avancée de l'évolution.

Il y a sept millions d'années déjà, nos ancêtres ont commencé à marcher en station debout. Au fil des années, ils ont appris à effectuer des trajets toujours plus longs, et leur anatomie s'est progressivement adaptée à ces marches prolongées,

jusqu'à ressembler à la nôtre. Telle était la conviction courante jusqu'à il y a quelques années. Mais d'après un nouveau scénario, nous ne sommes pas que le résultat de ce passage à la position debout. La théorie développée par deux Américains, Daniel Lieberman et Dennis Bramble, chercheurs en biologie

évolutive, affirme que nous devons en grande partie notre anatomie actuelle à une deuxième innovation : la course.

Le point de départ de la réflexion des deux chercheurs se situe il y a 2,5 millions d'années, lorsque nos ancêtres ont

POUR ATTRAPER

LEUR PROIE,

LES HOMMES

PRÉHISTORIQUES

DEVAIENT COURIR

DES KILOMÈTRES

LE GRAND GLUTÉAL
(ou grand fessier)
forme la partie
postérieure de la
jambe et la stabilise.

LE BICEPS FÉMORAL
permet la flexion du genou.

Une anatomie de marathonien

Des fessiers imposants, des muscles de la cuisse volumineux, un genou puissant, des tendons forts et une voûte plantaire produisant l'effet d'un ressort : l'anatomie d'une jambe humaine est faite pour porter le corps sur de longues distances.

LE MUSCLE GASTROCNÉMIEN
joue un rôle important
pour la course et le saut.

LE TENDON D'ACHILLE,
situé au-dessus du talon,
permet de tendre le pied.

LE QUADRICEPS est
un muscle volumineux
composé de quatre
chefs et permettant
l'extension du genou.

LE TRACTUS ILO-TIBIAL,
prolongation du tenseur
du fascia lata, relie
hanche, fessiers et genoux,
et consolide la jambe.

LE GENOU, maintenu
par des ligaments et des
muscles, est la zone la
plus sujette aux blessures
chez les coureurs.

LA PARTIE INFÉRIEURE
DE LA JAMBE contient les
muscles permettant de
lever le pied et les orteils.

commencé à exploiter un nouvel espace vital, celui des vastes prairies. Les antilopes et les autres proies qui y vivaient, de même que leurs prédateurs, tels que les lions et les hyènes, pouvaient courir de longues distances. Il semblerait donc que les hommes se soient dans un premier temps nourris d'animaux morts qu'ils arrivaient à arracher à leurs concurrents. Pour dénicher eux-mêmes le gibier indispensable à leur survie dans ce nouvel environnement, marcher rapidement ne suffisait plus. Il fallait apprendre à se mouvoir beaucoup plus vite.

MAIS DANS CETTE FORME particulière de déplacement qu'est la course, l'organisme endure des pressions extrêmes. Quand le pied percute le sol, il encaisse de trois à quatre fois le poids du corps. Les vibrations se répercutent à travers les os et les articulations, le genou, le bassin et la colonne vertébrale jusqu'à la tête. Par ailleurs, l'équilibre est, lorsque l'on court, plus difficile à maintenir que quand on marche. Dans cette dernière situation, on conserve toujours un pied posé sur le sol. En position de course, les deux pieds se retrouvent simultanément en l'air à un moment donné. Le corps doit alors équilibrer les mouvements de jambes qui l'entraînent d'un côté puis de l'autre.

Au cours de centaines de milliers d'années d'évolution, le corps de nos ancêtres s'est adapté à ces nouvelles contraintes. Afin de mieux amortir le choc du pied au sol, les genoux et d'autres articulations se sont modifiés. Leur surface supérieure s'est agrandie pour bien répartir la répercussion du choc. Les pionniers de la course ont aussi développé un muscle fessier imposant, le grand glutéal, le plus puissant du corps humain. C'est lui qui a permis à l'homme préhistorique de rester stable lorsqu'il courait. Les muscles du cou qui reliaient de façon assez rigide la tête au tronc ont rétréci. Parallèlement, la taille assez large et peu mobile s'est affinée. Ainsi le torse a pu bouger indépendamment de la tête et des hanches, et contrebalancer le mouvement des jambes.

Aujourd'hui, les coureurs utilisent en partie le mouvement des bras pour conserver l'équilibre, ce qui s'avérait ●●●

••• plus difficile pour nos ancêtres dont les membres étaient d'une taille imposante. Plier le bras leur demandait un effort beaucoup plus intense. Ce n'est que lorsque leurs os ont pris une forme plus gracieuse que ce balancement est devenu facile. Inversé par rapport à celui des jambes, il permet de maintenir le corps droit, rend la course bien plus fluide et permet de dépenser moins d'énergie sur de longues distances.

L'APPRENTISSAGE DE LA COURSE a également laissé ses marques au niveau de l'oreille interne. Là se dissimule le système vestibulaire qui permet de se maintenir en équilibre (lire p. 48) et assure la stabilité des yeux. Grâce à lui, nous pouvons fixer un point indépendamment du mouvement de notre corps. Les cavités de l'oreille interne qui enregistrent accélérations et changements de position ont donc un rôle capital. Leur développement permit à nos ancêtres de fixer un objet même lorsque la course agitait leur tête de haut en bas.

A défaut de date précise, les paléoanthropologues font une estimation du moment auquel sont intervenus certains changements décisifs pour la course à partir de comparaisons entre les individus de notre lignée d'ascendants. L'australopithèque par exemple, qui vivait en Afrique il y a quatre millions d'années, ne présentait pas toutes les particularités physiques nécessaires à un bon coureur, même s'il pouvait déjà se déplacer sur deux pieds avec une certaine aisance. Sa stature se rapprochait davantage de celle du chimpanzé.

C'est probablement notre genre – *Homo* – qui développa le premier de pareilles facultés. Il ne reste pas beaucoup de traces de ces ancêtres, mais les scientifiques peuvent reconstruire de manière assez fiable *Homo erectus*, qui vivait il y a 1,8 million d'années. A bien des égards, son corps ressemble déjà à celui de l'homme d'aujourd'hui. Il dispose de fortes articulations au niveau des jambes, d'une taille fine et de petits avant-bras. En se fondant sur la forme de ses os, on sait qu'il possédait aussi un fessier imposant. Il semble donc qu'à



Le principe de l'amortisseur

Courir impose au corps humain des pressions intenses auxquelles la jambe de *Homo sapiens* s'est adaptée : son genou s'est développé afin d'être plus stable et de répartir sur une plus grande surface le choc ressenti lors de l'impact du pied. Celui-ci fonctionne comme un ressort permettant d'emmageriser de l'énergie puis de la restituer. Il s'est par ailleurs adapté à la course. C'est pourquoi les orteils, contrairement aux doigts de la main, se sont considérablement rétrécis et sont devenus beaucoup moins mobiles.





Donald Miralle / M Sport - AFP

LE 5000MÈTRES compte parmi les épreuves de fond très prisées dans les championnats d'athlétisme. Il nécessite de l'endurance et de la rapidité, ainsi qu'une bonne tactique de course. L'Ethiopien Kenenisa Bekele détient le record du monde depuis 2004 en 12' 37" 35.

cette époque nos aïeuls présentaient les prédispositions nécessaires pour courir de longues distances.

Mais des os et des muscles ne suffisent pas à faire de ces hommes des coureurs endurants. Dans les vastes étendues de savane sans arbres, ils s'exposaient davantage au soleil qu'auparavant et risquaient, lorsqu'ils se mettaient à courir, une élévation létale de leur température corporelle. En effet, les mouvements de course génèrent dix fois plus de chaleur que ceux de la marche, ce qui reste une contrainte majeure pour beaucoup d'animaux. Ainsi, le corps du guépard produit tant de chaleur en course que l'animal doit faire environ une pause par kilomètre. Et comme la plupart des mammifères, il abaisse alors sa température en haletant : il inspire et expire rapidement de petites bouffées d'air qui humidifient les muqueuses dans la gorge et le museau. Le processus

d'évaporation permet alors d'extraire du corps des particules d'eau riches en énergie, et ainsi de la chaleur. Ce mécanisme a néanmoins un inconvénient : la respiration et le mouvement des jambes étant liés, l'animal ne peut courir et haletier en même temps. C'est pourquoi les félins ne sont pas capables de chasser sur de longues distances.

Nos ancêtres ont développé, eux, un autre mécanisme de refroidissement : la

transpiration. Contrairement à celui des autres primates, leur corps s'est couvert de glandes sudoripares, accroissant ainsi les capacités de sudation. Aujourd'hui, le corps en compte de deux à quatre millions. Elles peuvent sécréter jusqu'à 2,5 litres de sueur par heure, faisant ainsi de nous les champion

s incontestés de la transpiration au centimètre carré. Le mécanisme fonctionne sur le même principe que l'évaporation : au contact de l'air, la sueur

s'évapore en refroidissant le corps. Celui-ci étant presque intégralement recouvert de pores, ce système de refroidissement est particulièrement efficace, à condition que les pores soient le plus possible au contact de l'air et non recouverts d'une épaisse toison. Parallèlement à l'augmentation du nombre de pores, le corps humain a donc subi un autre changement majeur : la perte des poils. Le pelage de nos ancêtres s'est peu à peu clairsemé, découvrant de vastes zones. Moins ils étaient velus, plus leur corps pouvait se refroidir efficacement, et plus ils étaient capables de courir de longues distances.

Il est difficile de savoir exactement quand débute cette évolution, car les os ne disent rien des changements de pilosité. Toutefois, des études génétiques portant sur des parasites, les morpions, permettent une approximation. Comme l'a découvert l'équipe du biologiste américain David Reed, l'ancêtre du morpion actuel a probablement migré du gorille vers l'homme il y a trois ou quatre millions d'années. Selon un spécialiste anglais de biologie moléculaire, il est •••

**HOMO ERECTUS
AVAIT DÉJÀ,
IL Y A 1,8 MILLION
D'ANNÉES,
SON SQUELETTE
DE COURREUR
ENDURANT**



Rich Carey / Aurora - Hemis

LA COURSE SUR TERRAIN ACCIDENTÉ, en montagne, sollicite les muscles, les tendons et les membres de façon tout à fait différente que la pratique du même sport sur terrain plat.

••• probable que cette migration des mormons soit la conséquence d'un changement dans la pilosité des hommes de l'époque, et ce à un endroit précis : les poils pubiens. Chez les singes, cette zone est réduite à un duvet clairsemé. Chez l'homme, la pilosité de la zone en question s'est fortement accrue lorsque le reste du corps s'est dégarni. Les insectes qui parasitaient les singes ont donc trouvé dans les poils pubiens de l'homme des conditions de vie idéales.

Au stade actuel de la recherche, on ne sait ni dans quel ordre ni dans quelles conditions se sont produits les changements qui ont transformé l'homme en marathonien. Toutefois, il paraît certain qu'à l'époque de *Homo erectus*, au plus tard il y a 1,8 million d'années, nos ancêtres étaient déjà glabres et suaien abondamment. Ils pouvaient donc courir longtemps dans la chaleur écrasante du milieu de journée, contrairement aux

grands prédateurs haletant, obligés de chasser dans la fraîcheur de l'aube, du crépuscule ou de la nuit. Bien avant l'invention de l'arc à flèches et autres armes complexes, nos ancêtres disposaient donc d'une faculté leur permettant d'être de grands chasseurs, l'endurance. Alors que leurs proies exposées à la chaleur s'épuisaient vite, ils pouvaient

**L'ÉLASTICITÉ
DU PIED PERMET
DE COURIR
LONGTEMPS SUR
UNE SURFACE
DURE ET
IRRÉGULIÈRE**

saient vite, ils pouvaient les pourchasser jusqu'à la mort sans arme ni risque de surchauffe. Le scientifique sud-africain Louis Liebenberg a étudié cette chasse ancestrale chez un peuple du désert du Kalahari. A plusieurs reprises, il a observé des groupes partant chasser au plus chaud de la journée, après avoir bu de grandes quantités d'eau. Par plus de 40 °C à l'ombre, ils se mettaient à traquer leurs proies, généralement une antilope qui s'enfuyait, plus rapide. Mais ils la suivaient à la trace, souvent pendant plus de cinq heures, jusqu'à rattraper l'animal dont le corps n'avait plus le

temps de se refroidir. Lorsque l'antilope n'arrivait plus à se reposer, elle s'immobilisait ou s'effondrait, souvent déjà agonisante. Les chasseurs la tuaient alors avec leurs armes rudimentaires.

Dès qu'ils ont été en mesure de couvrir de grandes distances, nos ancêtres ont pu chasser ainsi, et se procurer à la sueur de leur front une nouvelle source d'alimentation : la viande. Auparavant ils se contentaient essentiellement de végétaux, surtout des fruits et des feuilles comme le montre l'étude de dents d'australopithèque. La nourriture animale se limitait probablement à des insectes et des œufs. Les premiers *Homo* ont, par la suite, varié leur alimentation en y intégrant des restes carnés de lions et autres félins. *Homo erectus*, quant à lui, pouvait chasser sa propre nourriture, et ce nouveau talent de coureur a probablement entraîné d'autres évolutions capitales. Selon de nombreux chercheurs, c'est cet apport de viande, riche en nutriments et facile à digérer, qui a entraîné le développement du cerveau, ouvrant la voie à l'évolution vers *Homo sapiens*. Nous

sommes donc sans doute devenus ce que nous sommes aujourd’hui parce que nous avons un jour appris à courir. Effectuer de longues distances à vitesse soutenue a façonné notre silhouette, nos os, nos muscles et nos organes. Par ailleurs, la façon dont ils interagissent a fait de nous des champions de l’endurance.

Au cours de ce processus, un chef-d’œuvre de l’évolution est apparu : le pied de *Homo sapiens*. Composé de vingt-six os formant avec de nombreux muscles, ligaments et articulations une structure complexe, il se transforme en fonction de l’exercice à accomplir. Ainsi, lorsque le pied se pose sur le sol, il est souple et flexible pour à la fois amortir le choc et adhérer au sol. En quelques fractions de seconde, il se raidit pour nous propulser en avant. Durant la course, il fonctionne comme un ressort, emmagasinant une partie de l’énergie lorsqu’il touche le sol et la restituant lors de la propulsion.

NOS ANCÊTRES se sont contentés de cette anatomie pendant des millions d’années. Ils couraient soit pieds nus, soit avec des chaussures légères comme des mocassins. Mais ce n’est qu’au cours des trente-cinq dernières années que nous avons assisté au développement fulgurant de chaussures de course modernes, qui ont modifié notre foulée. L’anthropologue américain Daniel Lieberman a comparé la manière de courir des personnes habituées, depuis l’enfance, à porter des chaussures de sport, et celle de jeunes d’une région rurale du Kenya n’ayant jamais porté de chaussures.

Résultat ? Les coureurs qui étaient pieds nus évitaient instinctivement de poser d’abord le talon car, sans amorti, le choc lors de l’impact est douloureux. Dans la plupart des cas, ils atterrissaient sur l’avant du pied, avant de ramener le reste de la plante sur le sol (ce qui atténue l’impact). Les Américains observés par le chercheur et équipés de chaussures bien compensées, posaient plutôt d’abord l’arrière du pied. Si elle n’était pas protégée, cette partie aurait subi une pression violente, pouvant atteindre l’équivalent de trois à quatre fois le poids du corps en quelques fractions de

secondes. D’après Daniel Lieberman, cette façon de courir pourrait jouer un rôle dans les problèmes de santé de nombreux sportifs. L’amorti des chaussures permet certes d’atterrir sur le talon sans avoir mal, mais les chocs infligés conduisent sans doute à terme à des douleurs dans les genoux et le dos, des inflammations du pied, voire des fractures du tibia. Afin de confirmer cette hypothèse, Daniel Lieberman a examiné la façon de courir de cinquante-deux athlètes bien chaussés. Certains posaient d’abord le talon, d’autres l’avant du pied. L’analyse de leur condition physique a montré que les premiers étaient deux fois plus touchés par des douleurs à la hanche et des fractures de fatigue. Lieberman en a conclu que le

fait de s’habituer à porter des chaussures protectrices pouvait affaiblir la musculature du pied et expliquer des malformations, comme les pieds plats. Le scientifique, passionné de course, a délaissé ses baskets, et court pieds nus dans la rue. Il n’est pas le seul. De plus en plus de coureurs renoncent aux chaussures. Espérant tirer de ce retour aux sources des bénéfices pour leur santé, ils recherchent aussi des sensations naturelles.

L’industrie du sport a vite réagi à cette nouvelle tendance et proposé une grande variété de chaussures «minimalistes» ou «bare foot». Leur semelle très fine est censée offrir une expérience de course intense tout en protégeant le pied des cailloux et débris de verre. L’invention, laisse sceptiques les coureurs aux pieds nus, qui préfèrent subir de petites coupures, et se disent que cette manière de courir leur évitera les grosses blessures.

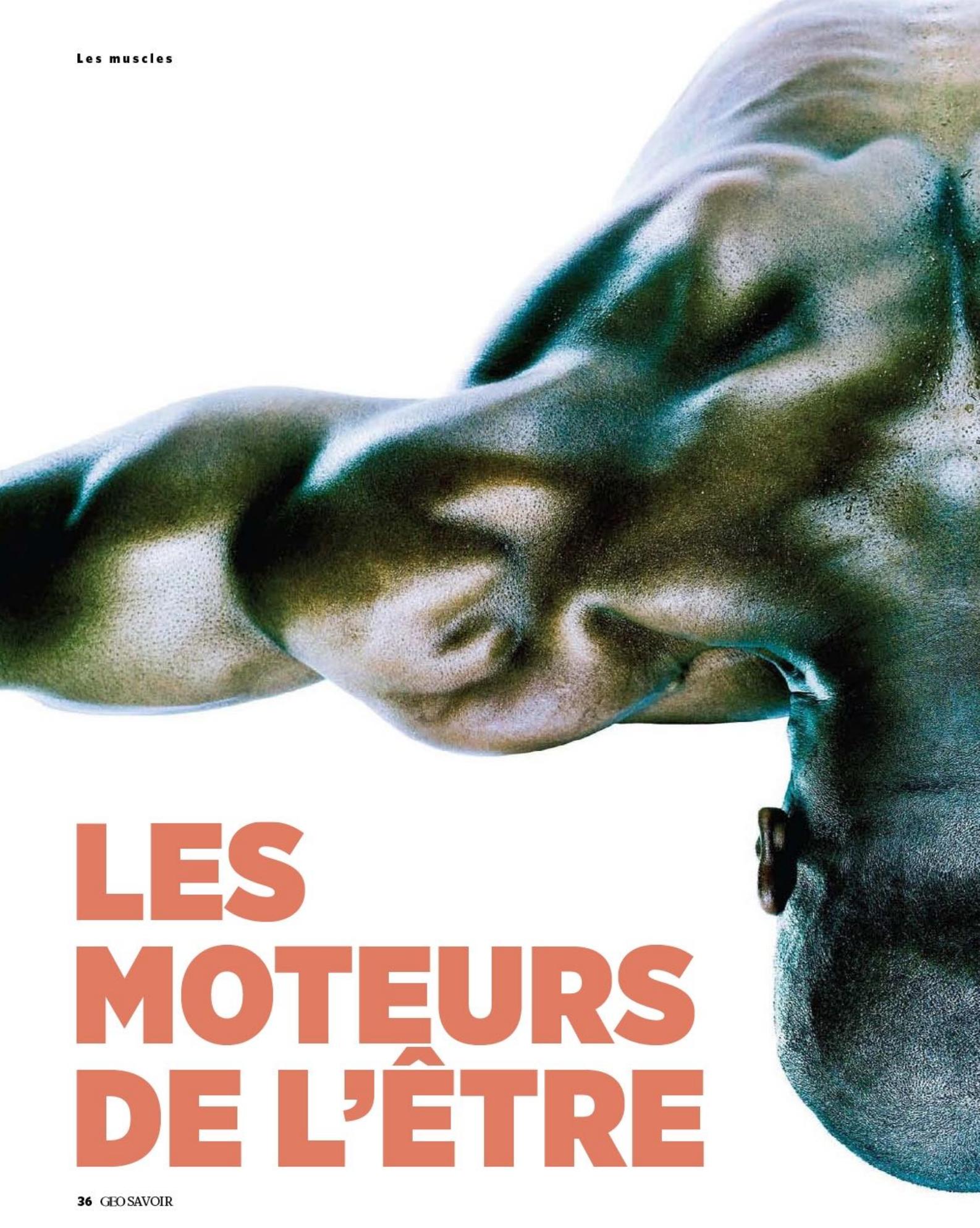
Pour les novices évidemment, le bare foot comporte des risques. Il faut progressivement s’habituer aux nouvelles sensations et renforcer ses muscles, faute de quoi on s’expose à des tendinites, voire des fractures du métatars. A ceux que l’expérience tente, les médecins du sport conseillent de débuter très prudemment, sans s’aventurer sur des surfaces trop dures.

L’histoire a prouvé qu’une telle pratique pouvait même bénéficier à des coureurs professionnels. En 1960, l’Ethiopien Abebe Bikila, membre de la garde impériale de Hailé Sélassié I^e, participa au marathon des jeux Olympiques de Rome. Habitué à courir pieds nus, Bikila dut porter des chaussures sur l’insistance du directeur de l’équipe

éthiopienne désireux de ne pas donner l’impression que son pays ne pouvait payer un équipement à ses sportifs. L’essai ne valut au coureur que des ampoules, et Abebe Bikila renonça aux chaussures. Afin d’éviter les râteliers des spectateurs, il resta sous une tente jusqu’au moment de la course. Sur la ligne de départ, les concurrents lui jetèrent des regards moqueurs. Mais deux heures et quinze minutes plus tard, pieds nus, l’Ethiopien remportait le marathon en établissant un nouveau record mondial.

Voilà une démonstration impressionnante de cette faculté qui a fait de nous ce que nous sommes. Une manifestation de ce talent unique qui nous permet d’aller de l’avant : pas après pas jusqu’à ce que, tout ruisselant de transpiration, nous perdions la notion du temps. □

Martin Paetsch, journaliste scientifique, est basé à Hongkong.



LES MOTEURS DE L'ÊTRE



C'est en se contractant que les muscles travaillent. La force qu'ils peuvent alors déployer dépend avant tout de l'entraînement auquel ils sont soumis.

Par Ralf Berhorst (traduction : Frank Jackzentis)
et Howard Schatz (photos)

LA FORCE DES MUSCLES PERMET AUX ATHLÈTES DE BATTRE DES RECORDS. MAIS AU QUOTIDIEN AUSSI, ILS FOURNISSENT EN PERMANENCE UN DUR LABEUR. CES PRODIGES BIOMÉCANIQUES ACTIVENT TOUS LES ÉLÉMENTS DE NOTRE ORGANISME ET STIMULENT MÊME NOTRE ESPRIT.

G

râce à eux, un coureur peut presque atteindre la vitesse de 45 km/h, et un haltérophile arracher du sol plus de 200 kilos. Ils nous permettent de nager, sauter, lancer ou faire de la gymnastique. Les muscles sont l'incarnation du mouvement. Sans eux, nous serions condamnés à l'immobilité, incapables du moindre geste. Nous ne pourrions ni sourire, ni respirer, ni parler, pas même mâcher ou avaler.

Aucune partie de notre corps ne fonctionne sans ces paquets d'énergie. Presque tous nos os en sont recouverts. Le biceps, par exemple, s'étend sur la partie supérieure du bras, les muscles fessiers sur le bassin, et pas moins de dix muscles différents enveloppent le tibia et le péroné. La langue est un muscle, le cœur ou myocarde aussi. Plus de six cents de ces unités de mouvement sont à l'œuvre dans notre organisme ; ensemble, elles représentent presque la moitié de notre poids corporel.

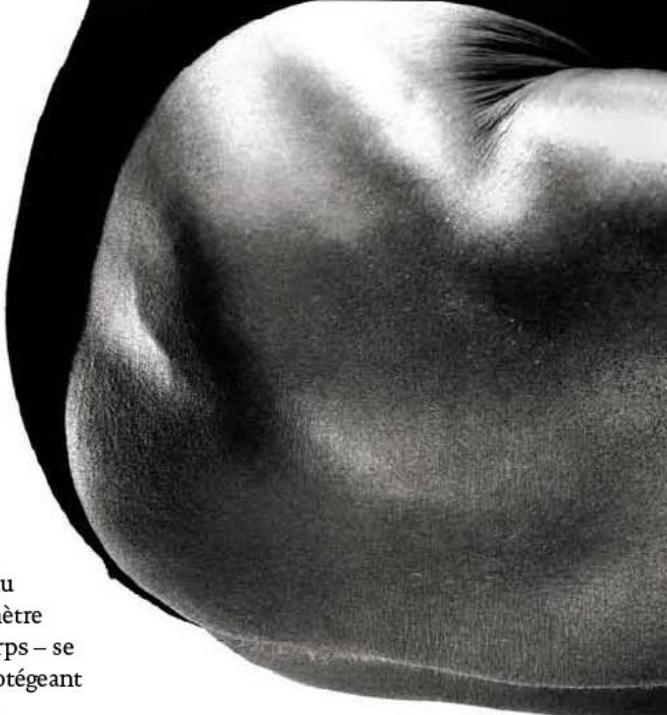
Nous ne sommes cependant pas toujours conscients de leur existence. Car beaucoup de ces moteurs agissent dans l'ombre, sans faire intervenir ni la volonté ni la conscience. Un tissu fait de fibres musculaires tapisse ainsi l'estomac, l'intestin, la vessie. Un minuscule muscle dit horripilateur est aussi relié à la base de chaque poil de notre peau, et peut le dresser. Chaque vaisseau sanguin est habillé de muscles. Même à l'intérieur de

l'œil, un muscle veille aux contractions et aux dilatations de notre pupille. Dans l'oreille interne, un muscle relié au squelette appelé tenseur du tympan, long d'à peine un millimètre – le plus petit de tout notre corps – se contracte s'il y a trop de bruit, protégeant ainsi le tympan des dommages.

Les biologistes explorent les muscles depuis plus de cent ans. Ils examinent entre autres leur anatomie jusque dans leurs cellules, et tentent de comprendre la déformation des fibres sous une tension maximale. Ils étudient comment le travail de musculation modifie leurs dimensions, et quels mouvements provoquent des courbatures. Ils essaient de décrypter par quels mécanismes nos gènes régissent leur croissance, et pourquoi certains sportifs, après des années d'exercices, n'augmentent que très faiblement leur masse musculaire tandis que d'autres peuvent devenir des bodybuilders, apparemment sans

beaucoup de peine. Enfin, ils veulent comprendre pourquoi parfois certains muscles augmentent de volume bien qu'ils soient très peu sollicités.

Plus les biochimistes, anatomistes et biologistes moléculaires avancent dans leurs recherches, et plus il s'avère que les muscles ne se résument pas à des machines biomécaniques, de simples exécutants avec pour unique tâche d'obéir aux ordres envoyés par le cerveau. En fait, les scientifiques découvrent que c'est plutôt notre musculature elle-même qui donne des ordres aux autres organes. Elle



libère continuellement des signaux chimiques, diffuse des centaines de molécules spécifiques grâce auxquelles elle communique avec le reste du corps : le foie, le pancréas mais aussi le système immunitaire. Les muscles sont reliés à tous les tissus de l'organisme et exercent même une influence sur le cerveau. Ils dirigent un nombre tellement impressionnant de processus qu'aux yeux de certains spécialistes, la musculature apparaît comme notre organe le plus complexe juste après le cerveau.

POUR COMPRENDRE ce système, saisir ce qui nous rend mobiles, il faut pénétrer dans le monde de l'infiniment petit. Dans un monde singulier où des moteurs d'une taille incroyablement réduite produisent une force en s'associant. Et ne créent rien de moins que le mouvement. Le mystère qui se cache derrière cette puissance n'est pas perceptible à l'œil nu. Il ne se dévoile que lorsque l'on dissèque les muscles pas à pas en leurs composants.

L'architecture des muscles striés reliés au squelette, par exemple, ressemble à une poupée russe. Ces puissantes fibres qui relient deux os entre eux sont entourées d'une gaine résistante de tissu

Même lorsque **NOUS SOMMES AU REPOS, NOS muscles sont, eux, à la tâche**

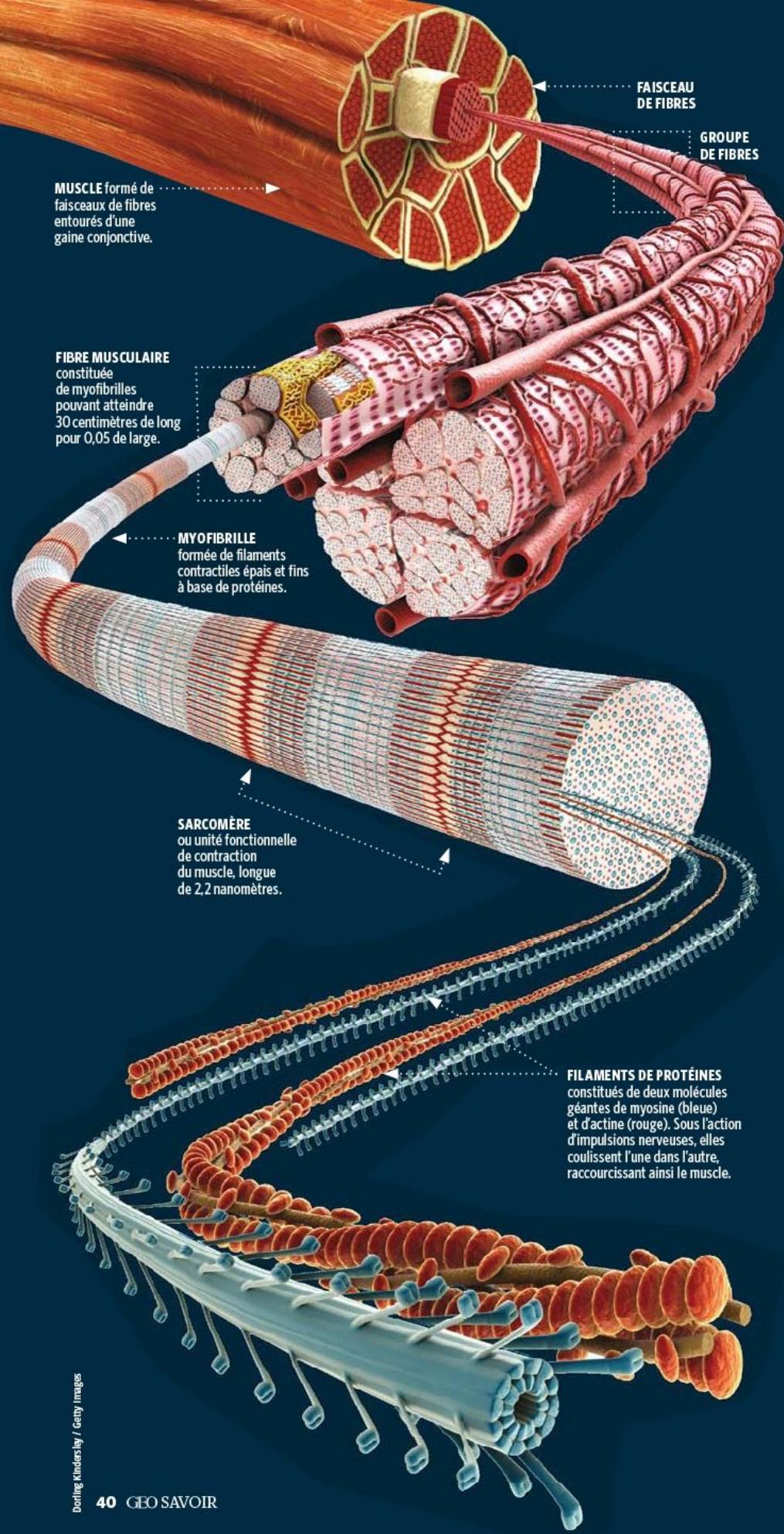


Tout effort entraînant un surmenage du muscle, même léger (comme lors de séances de gymnastique ou de musculation), génère des microdéchirures dans les fibres musculaires. Des lésions que l'organisme répare aussitôt, allant jusqu'à fabriquer dans un même temps du tissu musculaire supplémentaire pour se préparer à faire face à de plus gros efforts dans l'avenir.

conjonctif, traversée par des vaisseaux capillaires et des circuits nerveux. Selon le muscle considéré, cette gaine enveloppe des centaines, voire des milliers de faisceaux de fibres musculaires qui n'ont certes que quelques millimètres d'épaisseur, mais mesurent jusqu'à trente centimètres de longueur (voir illustration p. 40). Chaque faisceau contient à son tour de vingt à quarante fibres musculaires plus fines, étroitement serrées les unes contre les autres, semblables à des cordons de taille microscopique, toutes constituées d'une seule cellule musculaire. Ces fibres renferment les véritables effecteurs du mouvement : quelques milliards de filaments de molécules protéiques particulières (actine, myosine et tropomyosine).

Ces filaments sont dotés d'une qualité surprenante. Bien qu'ils soient eux aussi alignés bien serrés les uns contre les autres en se chevauchant partiellement, ils ont la capacité de se déplacer en s'interpénétrant, et ainsi de se contracter comme des perches télescopiques. Lorsque le cerveau envoie une impulsion nerveuse au muscle, une chose étonnante se produit dans cette extrême exiguïté : brusquement, les filaments moléculaires commencent à glisser les uns dans les autres grâce aux têtes des filaments qui fonctionnent à la manière de crémaillères.

Chaque molécule ne se déplace certes que d'une fraction de millionième de millimètre. Et cependant, ces infimes mouvements s'additionnent, développant collectivement une force. Avec pour effet que les fibres musculaires se réduisent, que les faisceaux de fibres se raccourcissent, que le muscle entier se contracte. Et par conséquent travaille. L'importance de la contraction globale du muscle dépend du nombre de fibres sollicitées. Comme les muscles sont ■■■



Le miracle du mouvement

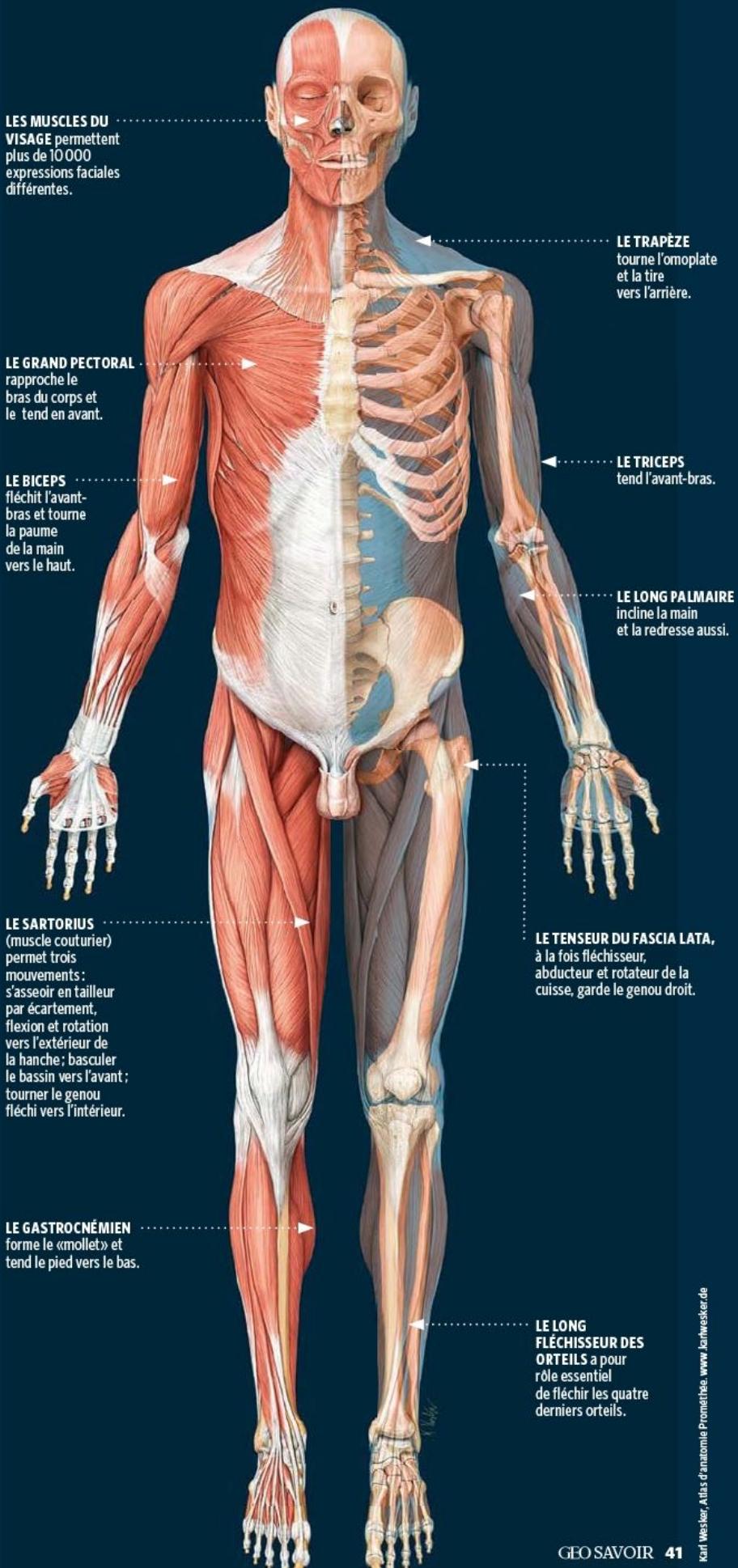
Des milliards de moteurs moléculaires créent la force.

Tous les muscles déplient leur force en se raccourcissant. Pour comprendre comment ce mécanisme fonctionne, il est nécessaire de pénétrer pas à pas à l'intérieur des éléments qui permettent le mouvement, jusqu'à leurs composants les plus infimes, de l'ordre du millionième de millimètre. Chaque muscle relié au squelette est formé de plusieurs faisceaux qui rassemblent à leur tour de nombreux cordons cellulaires : les fibres musculaires. Une seule fibre contient des centaines, voire des milliers de ce qu'on appelle des myofibrilles qui ressemblent à de minuscules cordelettes. Elles sont les véritables «moteurs musculaires». Leur unité fonctionnelle de contraction s'appelle le sarcomère. Mais chaque fibrille est formée de groupes de filaments contractiles constitués pour l'essentiel de deux longues chaînes de protéines : la myosine (ici en bleu) et l'actine (en rouge). Quand on bande un muscle, ces deux types de chaînes glissent l'un contre l'autre par un mécanisme biochimique complexe, et s'emboîtent tels deux tubes de télescope : les sarcomères se contractent. Des centaines de sarcomères étant montés en série dans chaque fibrille, ces déplacements infimes s'additionnent pour former une contraction nette de la fibre musculaire. Et la contraction d'un très grand nombre de fibres entraîne celle de tout le muscle. Chaque muscle du squelette est relié à des os par des tendons. Il peut ainsi, quand il se resserre, transmettre de la force et mettre le corps en mouvement. Ce procédé requiert de l'énergie. Le tissu musculaire la tire de substances nutritives : sucres et graisses. A chaque contraction, il consomme de l'oxygène apporté par le sang, 500 fois plus lors d'un travail pénible qu'au repos.

Les muscles du corps

Pourquoi tout notre organisme a besoin de ces paquets d'énergie.

Presque tous les os sont entourés de muscles. Si l'on pouvait regarder directement sous la peau, on ne verrait rien d'autre que ces paquets d'énergie rougeâtres - reliés au squelette par des tendons (ici en blanc) - qui travaillent la plupart du temps par groupes. Les puissants muscles de la partie supérieure du bras par exemple : le groupe antérieur (dont le biceps) permet de fléchir l'avant-bras, tandis que le groupe postérieur (dont le triceps) le tend. Ou encore les dix muscles qui enveloppent les os - tibia et fibula - de la partie inférieure de la jambe : ils permettent la flexion et la tension des pieds. Sans eux, il est impossible de courir, de sauter ou de grimper. Contrairement aux bras et aux jambes, le visage compte certains muscles qui ne sont pas fixés directement aux os, mais implantés à une extrémité dans les couches très profondes de la peau. Ainsi, des contractions, même minimes, peuvent mouvoir certaines zones du visage et générer - selon l'humeur - des expressions diverses et variées sans que l'on bouge des os pour autant. Quelques muscles sont en revanche constamment actifs, ceux du cou, de la nuque et des épaules. Leur fonction est de soutenir la tête et de veiller à ce que notre crâne reste en équilibre. On trouve, non loin des muscles des épaules, le plus grand muscle du corps humain de par sa surface, le «grand dorsal». C'est lui qui donne au dos sa forme en V. Il tire les bras vers le dos et maintient les épaules. En plus des muscles du squelette, striés, représentés ici, nous possédons aussi une série d'autres muscles, lisses, qui ne sont pas reliés aux os. Ils revêtent les organes creux comme le tube digestif, la vessie ou les vaisseaux sanguins. Ils peuvent rester bandés très longtemps sans se fatiguer et travaillent à notre insu.



••• fixés aux os et aux articulations par des tendons et des ligaments, ces myriades de micromaneuvres engendrent ainsi quelque chose de macroscopique, de visible : un mouvement. C'est ce qui se produit lorsque nous serrons le poing, plions les jambes ou inclinons la tête. Quelques milliards de molécules doivent se déplacer pour que notre bras soulève un poids d'un kilo. D'autres milliards de molécules entrent en mouvement chaque fois que notre cœur bat.

C'est toujours cette action conjointe qui met nos muscles en mouvement et permet des prouesses. Les champions d'haltérophilie arrivent ainsi à soulever pendant quelques secondes trois fois le poids de leur corps. Lors du déca ultra triathlon – une compétition de l'extrême sur dix distances du triathlon et d'une durée de plusieurs jours –, les sportifs d'endurance viennent à bout d'un parcours de plus de 2 250 kilomètres de nage, de vélo et de course à pied. Et comme certaines fibres musculaires réagissent très vite, l'homme est également capable de sprinter (lire encadré p. 46), c'est-à-dire de maintenir un maximum de vitesse sur une courte distance. Le Jamaïquain Usain Bolt n'a eu besoin, en 2009, que de 9"58 pour effectuer le 100 mètres aux Championnats du monde d'athlétisme à Berlin, ce qui correspond à une vitesse moyenne de près de 38 km/h, avec des pointes à 44,7 km/h.

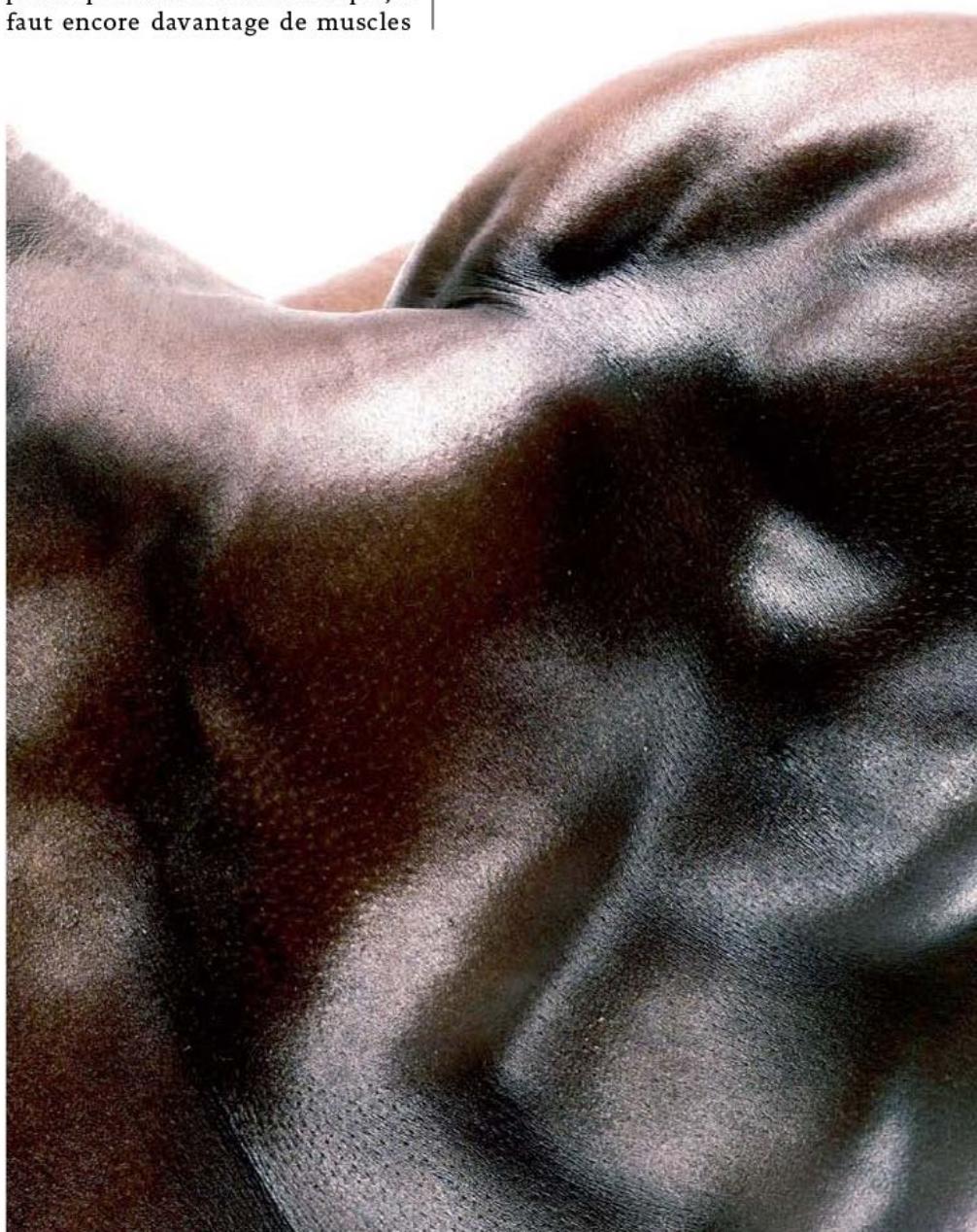
LES MOUVEMENTS des muscles sont déclenchés par des impulsions nerveuses. Le cerveau transmet ces signaux par le réseau des nerfs à chacun des muscles dirigés où ils commandent l'interprétation des filaments moléculaires par glissement. Le nombre de nerfs qui gouverne les muscles concernés varie en fonction de la difficulté du geste. Dans les muscles massifs des cuisses, les quadriceps, un seul nerf dirige environ 2 000 fibres musculaires lors de la

contraction. En revanche, quand il s'agit d'une expression du visage précise, un nerf est parfois responsable de cinq fibres seulement. C'est le cas des minuscules muscles de l'œil.

La plupart des actions de notre corps requièrent toujours la participation de plusieurs muscles. Ainsi, un geste de la main nécessite l'interaction d'une douzaine d'entre eux. Et il en faut trente-trois pour activer les doigts, dont neuf pour le pouce. Pour effectuer un pas, il faut encore davantage de muscles

differents, parmi lesquels le grand fessier et les extenseurs des pieds et des orteils. Et lorsqu'on rit, plus d'une centaine est mobilisée.

Ce qui nous semble si évident au quotidien exige une coordination extrêmement complexe, car chaque mouvement doit être dosé et adapté aux circonstances. Que nous soyons en train de ramasser une feuille de papier, d'attraper un livre ou de soulever un médecine-ball avec la main, de courir dans un chemin forestier caillouteux, sur du sable ou sur un court de tennis... quoi que nous fassions, des capteurs ultrasensibles situés dans les



D'après les scientifiques, les muscles ont **LA CAPACITÉ**

D'APPRENDRE

muscles, tendons et ligaments renvoient sans cesse au cerveau des messages indiquant si la contraction musculaire est suffisante ; au besoin, le centre de commande la réajuste par d'autres impulsions nerveuses. Pas une seconde de notre vie ne s'écoule sans que le cerveau et la musculature s'accordent. Lorsqu'on est apparemment

immobile, assis sans bouger par exemple, le corps accomplit

déjà une lourde tâche : les muscles du dos, du ventre, des hanches, des épaules et de la nuque se contractent, maintiennent le

tronc et la tête droits et en équilibre. Le diaphragme – muscle le plus important de la respiration – et les muscles intercostaux soulèvent et abaissent le thorax, nous faisant inspirer, puis expirer.

A tout moment, le système musculaire est capable de réagir au danger, de façon réflexe : le bras s'éloignera d'une surface brûlante, la jambe se tendra en avant pour organiser la fuite en une fraction de seconde. En cas de danger mortel, l'organisme mobilise même un maximum de forces, un tiers de plus que d'habitude (réserve qui sinon peut être libérée par l'hypnose ou le dopage)

PEU IMPORTE le type de mouvement dont il s'agit, les muscles mettent continuellement le corps au défi. Car chaque contraction, aussi minime soit-elle, consomme de l'énergie qui doit être fournie, selon les besoins, sous forme de substances nutritives énergétiques. Il s'agit d'une part de graisses transportées par le flux sanguin, de l'autre de sucres ou hydrates de carbone en partie stockés dans les muscles eux-mêmes, sous forme de glycogène, comme réserve d'énergie.

Pour que les cellules musculaires exploitent l'énergie contenue dans les nutriments, un autre élément doit être livré par le sang : l'oxygène, apporté par la respiration. Les muscles utilisent cette énergie lors d'un processus complexe, la combustion : ils «brûlent» quasiment graisses et sucres. Cela ne pose aucun problème quand l'effort est modéré, et la plupart des individus peuvent marcher durant des heures sans se fatiguer. Mais dès qu'il est inhabituel, comme soulever un poids très lourd pendant quelques minutes ou piquer plusieurs sprints en l'espace de peu de temps, un problème physiologique apparaît.

Déjà, au moment où le biceps ne doit déployer que 15 % de sa force contractile maximale, il comprime ses propres vaisseaux sanguins. Lorsque le ●●●



Effet étudié par les chercheurs : lorsqu'on n'entraîne qu'un côté (comme le bras droit), on enregistre également un développement du volume musculaire et de la force du côté opposé.

●●● muscle atteint la moitié de sa performance optimale, il n'est pratiquement plus irrigué. Et s'il continue d'augmenter son effort, il coupe finalement lui-même ses voies d'irrigation donc l'alimentation. On arrive ainsi rapidement à un goulot d'étranglement. Le ravitaillement en substances nutritives par les voies sanguines s'arrête et, surtout, le muscle est privé d'oxygène. Le moteur du corps lance alors un programme d'urgence. Il ne peut plus avoir recours maintenant qu'à ses propres réserves d'énergie – les sucres stockés dans le tissu musculaire – et doit déclencher de surcroît un mécanisme lui permettant d'extraire l'énergie des sucres sans l'aide de l'oxygène, en anaérobie.

CE PROCESSUS a des inconvénients : d'une part, le rendement énergétique sans oxygène est bien moindre ; de l'autre, cette exploitation des sucres de réserve génère de l'acide lactique. Cette substance envahit le muscle, provoquant des douleurs lors du mouvement. Pour réprimer cette souffrance, l'organisme commence à diffuser ses propres antalgiques : les endorphines.

Un haltérophile peut ainsi, malgré la tension intense, continuer à bander ses muscles pendant un certain temps. Mais après quelques secondes d'effort maximal, son corps se protège lui-même des dommages en activant un processus comparable à un frein de secours. Celui-ci empêche l'haltérophile, même s'il est doté d'une volonté à toute épreuve, de s'épuiser davantage. Un réflexe bloque la respiration. Le pouls grimpe. Le reflux du sang au cœur s'arrête ensuite, un collapsus menace l'athlète, puis le cerveau constraint l'homme à l'abandon.

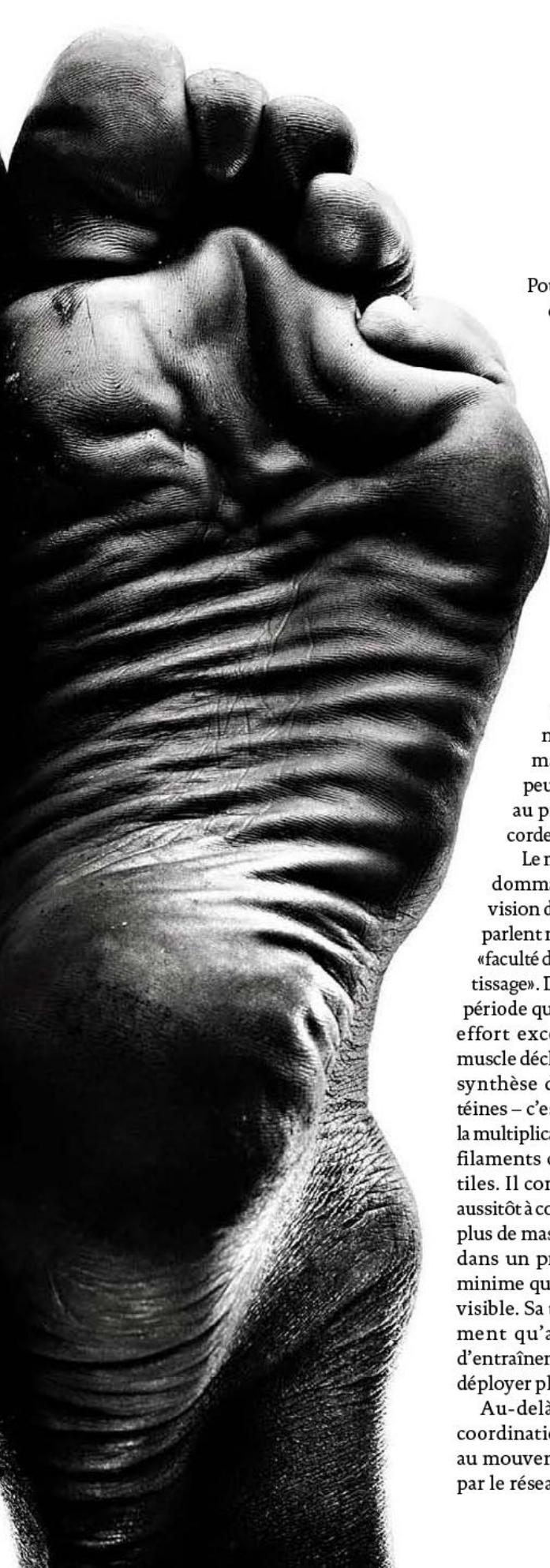
Une pareille épreuve laisse des traces. De fines déchirures se forment dans les fibres musculaires, une grande quantité de filaments moléculaires protéiques se fendent, provoquant des inflammations.

De telles microlésions ne surviennent pas seulement en cas d'épuisement total. Toute activité imposant un surmenage à un muscle, ne serait-ce que légèrement, a pour conséquence ce type de blessures, et nous connaissons tous ce douloureux phénomène : les courbatures. L'organisme a besoin de plusieurs jours pour réparer les fibres abîmées. Durant cette période, le muscle n'est pas pleinement utilisable, mais de légers efforts améliorent la régénération du tissu car ils stimulent l'irrigation sanguine.

Le fait que nos paquets d'énergie s'endommagent aussi facilement donnerait presque l'impression d'un défaut biologique, d'une faiblesse du système musculaire. Or c'est tout le contraire. Le muscle ne répare pas seulement les déchirures survenues. Il réagit bien davantage à la lésion de façon très raffinée en se préparant à mieux résister à l'avoir à des efforts comparables ou même plus intenses.

On trouve des muscles presque partout sous la peau. Ils mettent en mouvement chaque partie du corps, même la plus petite. Ainsi, dans le pied, des dizaines de muscles participent à l'extension, à l'écartement ou au fléchissement des orteils.





Pour cela, il fabrique en son sein des filaments de protéines supplémentaires qui sont des moteurs infiniment petits pouvant se contracter et dont l'addition détermine la force du muscle. Au cours de ce processus, le nombre de fibres musculaires n'augmente pas, car il est fixé génétiquement et demeure identique de la naissance à l'âge adulte. C'est en fait le muscle tout entier qui gagne en volume parce que davantage de filaments moléculaires sont emmagasinés dans ses fibres. Il peut ainsi déployer plus de force au prochain effort, comme une corde plus solidement tressée.

Le muscle surcompense donc ses dommages : il se consolide en prévision du futur. Certains chercheurs parlent même de «faculté d'apprentissage». Durant la période qui suit un effort excessif, le muscle déclenche la synthèse des protéines – c'est-à-dire la multiplication des filaments contractiles. Il commence aussitôt à constituer plus de masse mais, dans un premier temps, de façon si minime que le changement est à peine visible. Sa taille n'augmente sensiblement qu'après quelques semaines d'entraînement régulier, et il peut alors déployer plus de force qu'avant.

Au-delà de ce gain en volume, la coordination des muscles participant au mouvement, et donc leur pilotage par le réseau nerveux, s'améliore. Car

dans tout geste, un bond au volley-ball ou un service au tennis, les muscles doivent toujours parfaitement coopérer, en particulier ceux qui travaillent de façon complémentaire, les extenseurs et les fléchisseurs.

En effet, tous les muscles du corps ne peuvent exercer leur force qu'en se contractant. Le mouvement qui permet de soulever un lourd haltère jusqu'à la poitrine et, ce faisant, oblige à plier les avant-bras sur les bras, a donc autant besoin d'un fléchisseur (le biceps, à l'avant du bras) que d'un extenseur (le triceps, à l'arrière). C'est seulement quand le triceps est relâché, et donc souple au moment de l'effort, que le mouvement n'est pas freiné et que les muscles travaillent avec le plus d'efficacité.

CERTAINS MÉDECINS du sport considèrent que jusqu'à 40 % de l'augmentation des performances obtenue par l'entraînement résultent d'une meilleure collaboration des muscles travaillant conjointement. Les chercheurs ont constaté un autre effet étonnant : si l'on n'entraîne qu'un membre (le bras gauche par exemple), on remarquera bientôt un gain de force dans l'autre (le droit). La raison de ce «crossing effect» est encore inconnue à ce jour,

mais les scientifiques supposent que l'organisme essaie ainsi de rétablir la symétrie du corps.

Une chose est certaine : le temps et les efforts nécessaires pour qu'un individu développe

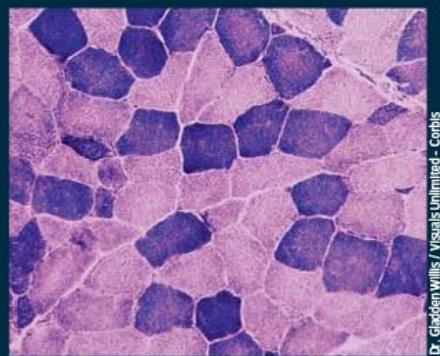
sa masse musculaire dépendent d'un certain nombre de facteurs. Du sexe (les femmes ont en général besoin de s'entraîner davantage pour gagner de la force), de l'âge (les muscles se développent ●●●

UNE CHOSE EST SÛRE. Quand on n'utilise pas ses muscles, ils fondent vite

UN MUSCLE, DEUX FIBRES

L'ANATOMIE DES MUSCLES VARIE SELON LEUR FONCTION.

Que sa mobilité soit une merveille de diversité, qu'il puisse non seulement courir longtemps, mais aussi piquer un sprint, *Homo sapiens* le doit à une particularité de ses muscles reliés au squelette. Si toutes les fibres musculaires de notre organisme travaillent selon le même principe et sont constituées des mêmes molécules de protéines, elles peuvent cependant différer par un détail important : leur couleur. Et selon celle-ci, certaines de leurs propriétés ne sont pas les mêmes. Les physiologistes distinguent deux types de fibres, les rouges et les blanches. Les premières sont traversées par des vaisseaux capillaires très nombreux, d'où leur couleur foncée. Ces vaisseaux sanguins fournissent au tissu musculaire de l'oxygène et des substances nutritives en abondance. Les fibres rouges travaillent lentement, mais ne se fatiguent pas trop rapidement. Les blanches, elles, contiennent nettement moins de vaisseaux sanguins, sont un peu plus grosses, peuvent se contracter jusqu'à dix fois plus vite et développent presque 20 % de force supplémentaire. A contrario, leur endurance est faible. La proportion des fibres rouges et blanches est, comme la plupart des propriétés de nos muscles, déterminée génétiquement. Chez l'homme, les deux types sont en général également répartis dans la plupart des muscles. Pour la réalisation de nombreux mouvements, les rouges sont activées les premières. C'est ce qui se passe au début d'une course d'endurance. S'il faut être plus performant par la suite, piquer un sprint par exemple, le muscle enclenche le second type, facilitant ainsi l'accélération. Mais il y a des exceptions à ce mélange équilibré. Les muscles



Dr. Gladys Willms / Visuals Unlimited - Corbis

Sur cette coupe transversale de muscle, on distingue bien les fibres blanches (claires), qui se contractent plus vite et sont les plus fortes, des rouges (foncées) qui se fatiguent moins vite.

qui ont une fonction déterminée présentent une répartition particulière. Le biceps, notamment, est traversé par un nombre étonnamment grand de fibres blanches parce qu'il déploie sa force sur une courte durée. A l'inverse, les muscles extenseurs du dos, qui doivent souvent maintenir le buste droit pendant des heures, sont composés principalement de fibres rouges. Par ailleurs, certaines personnes sont dotées dès la naissance de muscles particuliers. Les individus doués pour le sprint possèdent ainsi dans les cuisses et les mollets énormément de fibres blanches qui leur permettent d'atteindre rapidement une vitesse élevée. Et chez les coureurs de fond, il y a bien plus de fibres rouges au travail que de blanches. Un entraînement intensif peut modifier cette répartition. Si l'on pratique surtout des exercices de musculation, non seulement on augmente le volume de ses fibres blanches, mais on transforme aussi ses filaments musculaires rouges en blancs. En revanche, cultiver sa forme en s'entraînant sur de longues distances des années durant déclenche le processus inverse et transforme dans une certaine mesure les fibres blanches en rouges.

Ralf Berhorst

●●● plus vite chez les sujets jeunes), et surtout de l'hérédité. Deux mille gènes environ déterminent la façon dont la musculature humaine est faite. Et 70 % de la capacité des moteurs corporels à s'entraîner est fixée génétiquement, ont récemment découvert des chercheurs. Bref, deux personnes du même sexe, du même âge, en bonne santé l'une et l'autre et suivant le même programme d'entraînement, obtiendront des résultats tout à fait différents.

Il existe ainsi des faibles «répondeurs» qui, même s'ils se dépensent sans compter, ne vont gagner que très peu et très lentement en masse musculaire (0,1 % de la population des pays industrialisés appartient à ce groupe). En revanche, il ne faut aux hauts répondeurs – environ 3 % des Occidentaux – que peu de séances d'entraînement pour augmenter énormément leur volume musculaire.

SOLLICITER SES MUSCLES régulièrement, par exemple par la musculation, ne permet pas seulement de se constituer des réserves d'énergie, mais fortifie également le corps d'une manière totalement différente. Les muscles influencent en effet des réactions de l'organisme, ce qui maintient celui-ci en bonne santé et prévient des maladies. Voilà pourquoi il est utile de pouvoir disposer de la masse musculaire la plus importante possible et de la conserver en forme.

Ces dernières années, les chercheurs ont identifié près de 3 000 protéines différentes que les muscles libèrent quand ils travaillent et dont ils alimentent le flux sanguin. Parmi celles-ci, ils ont découvert des centaines de substances de type hormonal grâce auxquelles nos muscles envoient des informations dans le corps.

Plus il y a de masse et d'efforts musculaires, plus grande sera la quantité libérée de ces précieux messagers, qui ont des effets multiples. Ils améliorent

d'abord l'efficacité du système immunitaire. Pour que les défenses de l'organisme puissent éliminer les intrus, leurs cellules doivent être mises en état d'alerte. Les substances de signalisation produites par les muscles se chargent de cette tâche. Elles transmettent des messages d'une cellule immunitaire à l'autre et alarment ainsi peu à peu le système de défense tout entier. Le corps est alors capable de neutraliser très rapidement les éléments pathogènes.

Les protéines des muscles pénètrent – deuxième effet – jusqu'au foie et y stimulent l'utilisation des sucres, contribuant à la régulation de la glycémie et du poids. Ils influencent aussi indirectement les muscles eux-mêmes en induisant la synthèse par le foie d'une certaine molécule qui, à son tour, favorise le développement de nouveaux filaments moléculaires dans les cellules musculaires. Les protéines de signalisation agissent – troisième effet – sur les stocks de graisse du corps en déclenchant, pour ainsi dire, l'autodissolution de ces réserves. Elles diminuent la graisse, attaquent essentiellement les dépôts qui facilitent la formation de tumeurs et contrent les cellules adipeuses qui favorisent l'inflammation et l'artérosclérose.

Autre effet bénéfique de ces substances : elles stimulent la formation d'insuline dans le pancréas et permettent ainsi d'utiliser efficacement le sucre apporté par l'alimentation. Les muscles emmagasinent aussi, comme réserves d'énergie, des molécules de glucose qu'ils détournent du métabolisme, soulageant ainsi l'insuline dans sa fonction de contrôle de la glycémie. Une action qui joue probablement un rôle préventif contre le diabète.

Toutes ces substances de signalisation participent aussi à la construction du squelette en aidant à la formation du tissu osseux au cours de la croissance.

Enfin, le travail des muscles stimule jusqu'à la formation des cellules nerveuses et des synapses dans le cerveau, prévenant ainsi la dépression et les démences.

IL Y A QUELQUES ANNÉES encore, les muscles étaient considérés comme un système complet et extrêmement simple qui exécute ses tâches suivant les instructions du cerveau. Aujourd'hui, les scientifiques s'aperçoivent que notre musculature est reliée par des substances porteuses de messages à tous les autres organes du corps, et peut donner des ordres de manière autonome et régler diverses fonctions dans l'organisme. Les paquets d'énergie communiquent bel et bien avec des tissus et des organes tels que le pancréas, les os, les poumons ou le cerveau. Cette mécanique n'est ni consciente ni même volontaire puisque les muscles ne sont pas « intelligents ». Certes, le cerveau décide s'ils doivent

se mettre en mouvement ou rester au repos, mais c'est d'une façon autonome qu'ils produisent des protéines de signalisation dont les effets touchent le corps entier, et qui agissent sur les organes et les tissus indépendamment du centre de la pensée.

Bien qu'on soit encore loin d'avoir exploré en détail tous ces processus, la simple logique amène déjà à la conclusion suivante : pour que les muscles déplient au mieux leurs effets positifs,

ils doivent non seulement rester en mouvement, mais de surcroît augmenter de volume. Car, plus il y a de muscles, plus il y a de substances de signalisation. Equation simple des chercheurs. Donc, qui veut améliorer sa santé doit avant tout développer sa masse musculaire.

Malheureusement, à partir de l'âge de 25 ans, la capacité d'entraînement des muscles diminue un peu chaque année. Pour conserver sa masse musculaire passé cet âge, l'homme doit donc solliciter ses muscles bien davantage et plus régulièrement. Et cela n'est possible que par la musculation, car les sports d'endurance tels que la course à

pied ou encore le vélo améliorent essentiellement la fonction cardio-vasculaire, c'est-à-dire l'irrigation sanguine des muscles et la santé du muscle cardiaque.

La bonne nouvelle est que les fibres musculaires ne perdent jamais leur aptitude à augmenter de volume. Voilà pourquoi un entraînement intensif produit toujours ses effets positifs, y compris après l'âge de la retraite. Une étude a d'ailleurs démontré que des personnes âgées de 65 ans

peuvent, en l'espace de quatre mois, retrouver, grâce à la musculation, le niveau d'un trentenaire non entraîné. Voilà qui donne de l'espoir. □

Ralf Berhorst, auteur, habite à Berlin.
Le photographe américain Howard Schatz vit à New York.

L'art de l'équilibre

Sans lui, impossible de marcher ou de tenir debout. Sans lui, pas de pirouettes non plus. L'équilibre, qualifié de «sixième sens», nous empêche de tomber, car il ajuste à chaque instant la position de notre corps. Décryptage de l'un des systèmes les plus étonnantes et les plus complexes du corps humain.

Pour réussir à exécuter des sauts acrobatiques sur une poutre large d'à peine dix centimètres, les gymnastes – ici l'équipe nationale de Chine – doivent posséder, en plus d'une grande souplesse, un sens de l'équilibre particulièrement développé.



M

Même lorsqu'ils sont expérimentés, la plupart des gymnastes redoutent l'épreuve de la poutre. Il y a deux bonnes raisons à cela. La première est que cet agrès – de cinq mètres de longueur – mesure à peine dix centimètres de large. Soit guère plus qu'un pied humain. Il se trouve, lors des compétitions, à 1,20 mètre au-dessus du sol. L'athlète, s'il tombe, peut se blesser

Se TENIR simplement debout SUR DEUX JAMBES sans perdre l'équilibre, représente POUR LE CORPS une épreuve

très grièvement. La seconde raison est liée à la première : nous, les hommes, ne sommes jamais parfaitement stables.

Y compris lorsque nous nous contenons de rester debout, apparemment immobiles, notre corps oscille imperceptiblement d'avant en arrière et de gauche à droite. Il bouge à la façon d'un pendule vertical, et l'amplitude de son mouvement est loin d'être négligeable. Même quand nos pieds se tiennent

Par **Ute Eberle, Jörn Auf dem Kampe, Rainer Harf** (traduction : Emmanuel Basset), **Adam Pretty** (photos) et **Jochen Stuhrmann** (illustrations)

immobiles l'un à côté de l'autre, il peut se mouvoir de plusieurs centimètres dans chaque direction.

Lorsqu'on essaie de tenir sur une seule jambe, l'oscillation est si forte que nous finissons, généralement au bout d'une trentaine de secondes, par écarter les bras ou poser le second pied à terre. Quand de surcroît on fait cet exercice les yeux fermés, on garde rarement l'équilibre plus de dix secondes. De la même façon, la majorité des individus qui tentent de se tenir debout sur une poutre sont vite obligés d'en descendre. Il n'est donc même pas question pour eux de la parcourir, d'y faire demi-tour ou de sauter sur place avant de se réceptionner convenablement à l'arrivée.

Dans ces conditions, les performances acrobatiques accomplies par la gymnaste Linlin Deng lors des jeux Olympiques de Londres en 2012 n'en sont que plus extraordinaires. Jugez-en. Prenant très peu d'élan, la jeune Chinoise haute d'1,46 mètre bondit sur la poutre avec une extrême légèreté, comme si la pesanteur n'avait pas de prise sur elle. Pendant une demi-seconde, elle se balança sur une seule jambe, étendit délicatement les bras et avança sur l'agrès à peine plus large qu'une rampe d'escalier avec la même assurance que si elle s'était trouvée sur une piste de course.

Elle commença son enchaînement par un salto. Elle tendit ses bras en avant avec élégance. Se renversa soudainement en arrière, se mit en équilibre sur les mains, puis se réceptionna, toujours sur la

Adam Pretty / Getty Images - AFP

poutre, en toute sérénité. Elle poursuivit avec un deuxième et un troisième salto. Elle marqua un temps d'hésitation – que l'on devine à peine –, car elle a atteint une des extrémités, puis passa à un nouvel enchaînement équilibre-rotation. Et atterrit de nouveau sans tomber au sol.

Durant les quatre-vingt-dix secondes qu'a duré son passage, Linlin Deng a réalisé en tout dix-sept sauts. La pointe





Pendant que les athlètes enchaînent vrilles et saltos, des capteurs situés dans les muscles, les articulations et la peau envoient des signaux aux centres moteurs du cerveau, qui connaît ainsi la position relative des membres et de la tête.

de ses pieds partiellement recouverte de bandages, elle avançait et reculait sur cette étroite structure, tournait sur elle-même et s'élançait parfois en l'air avec tant de puissance que la poutre tremblait lors de la réception, et que des nuées de magnésie s'élevaient dans l'air. Pas une seule fois elle ne sembla chercher son équilibre. Pour cette prestation virtuose, presque parfaite d'un point de vue

technique, la Chinoise reçut la médaille d'or. Mais lors de ce programme libre, Linlin Deng nous fit surtout voir la forme ultime d'un don propre à tous les hommes: la capacité de garder l'équilibre.

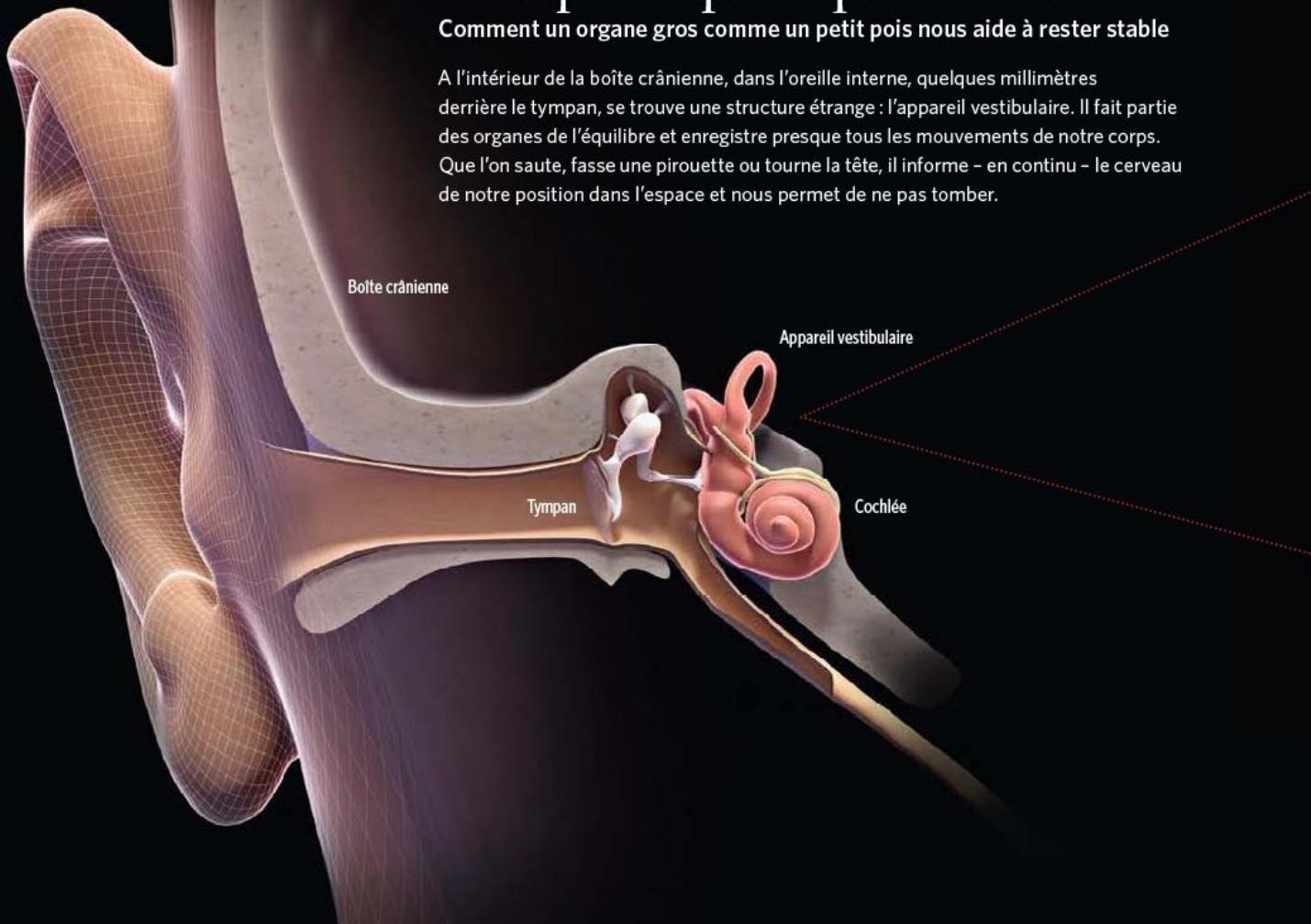
SA PERFORMANCE est d'ailleurs encore plus étonnante quand on sait les efforts que le corps doit consentir ne serait-ce que pour tenir simplement sur

ses deux jambes. La station debout n'a en effet rien d'évident. L'espèce humaine a même eu besoin de plusieurs millions d'années d'évolution pour parvenir à cet exploit. La plupart des animaux, que ce soient les chevaux, les lions, les grenouilles, les lézards, les scarabées ou les araignées, répartissent leur masse sur au moins quatre extrémités, se garantissant ainsi une certaine stabilité. Chez •••

Un capteur spécifique dans la tête

Comment un organe gros comme un petit pois nous aide à rester stable

A l'intérieur de la boîte crânienne, dans l'oreille interne, quelques millimètres derrière le tympan, se trouve une structure étrange : l'appareil vestibulaire. Il fait partie des organes de l'équilibre et enregistre presque tous les mouvements de notre corps. Que l'on saute, fasse une pirouette ou tourne la tête, il informe – en continu – le cerveau de notre position dans l'espace et nous permet de ne pas tomber.



••• l'homme en revanche, le poids n'est supporté que par deux jambes. Ce qui soumet notre organisme à des contraintes très particulières.

Chaque mouvement que nous exécutons implique de nombreuses parties de notre anatomie. Même lorsque nous ne faisons que nous pencher légèrement en arrière, notre centre de gravité se déplace. Nous nous retrouvons alors dans une position tellement précaire que nous devrions théoriquement tomber. Mais il n'en va pas ainsi parce qu'un complexe extrêmement sophistiqué de muscles et d'articulations assure en permanence notre stabilité.

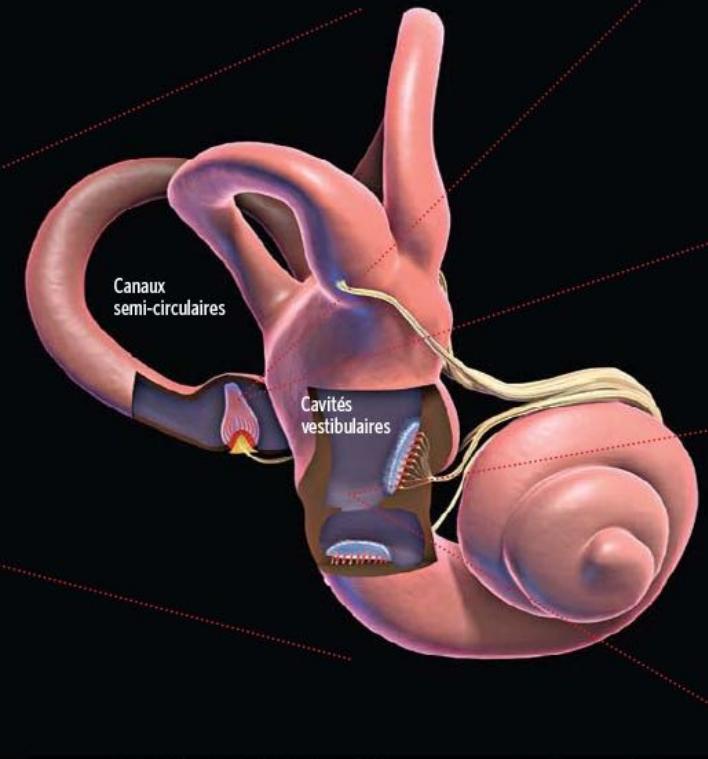
Ainsi, lorsque notre masse corporelle avance de quelques centimètres, nous effectuons sans le savoir un mouvement en sens inverse : les articulations du pied, les genoux et les

Toutes ces opérations INFINIMENT complexes se produisent EN GÉNÉRAL à notre INSU

hanches se positionnent de façon à ce qu'une autre partie de notre masse se déplace vers l'arrière pour compenser. Le fessier par exemple. De la même manière, si nous nous penchons en arrière ou sur le côté, notre appareil locomoteur compense ce mouvement en une fraction de seconde et fait en sorte que nous restions bien d'aplomb.

Si notre corps se balance, c'est donc qu'il s'efforce sans cesse de garder l'équilibre, ce qui nous donne parfois l'impression de vaciller. Ces mécanismes sont dirigés par un centre de commande tout à fait fascinant, que les scientifiques appellent parfois le « sixième sens ».

Son rôle est de nous renseigner sur notre position dans l'espace. Il la surveille et fait en sorte que nous ne perdions que très rarement l'équilibre. Quand nous exécutons un salto comme



L'APPAREIL VESTIBULAIRE se compose de deux cavités remplies de liquide interstitiel (endolymphe), ainsi que de trois structures tubulaires, les canaux semi-circulaires, qui contiennent également du liquide. On y trouve des cupules gélatineuses (en bleu) qui réagissent au moindre mouvement.

lorsque nous nous tenons simplement debout. A la différence des autres, ce sixième sens n'est pas lié à un organe unique et n'est pas assimilable à une partie spécifique de l'anatomie. Il fonctionne grâce à de nombreux organes, parfois invisibles et qui se répartissent sur l'ensemble du corps. Parmi eux : les yeux, des capteurs dans les articulations, les muscles et la peau, ainsi que des structures complexes de l'oreille interne.

Ces différentes composantes ne cessent d'envoyer des informations au cerveau et interagissent les unes avec les autres en permanence, sans que nous en ayons conscience. C'est ce qui permet à l'homme de réaliser les mouvements les plus variés : faire du vélo, monter un escalier, plonger pour attraper une balle de tennis, shooter dans un ballon. Ou simplement se lever d'une chaise. Pour

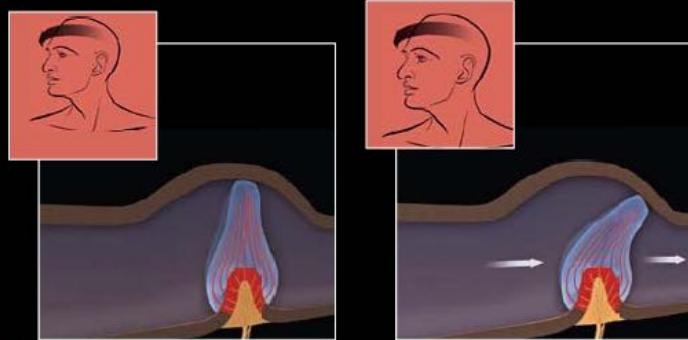
qu'un être humain puisse rester en équilibre, il faut que son organisme sache à tout moment dans quelle position se trouvent ses membres, sa tête et son tronc, comment ces éléments se positionnent les uns par rapport aux autres, si une jambe est repliée, si les hanches sont tournées, si les bras sont collés sur les côtés et les pieds en extension...

CETTE PERCEPTION de notre propre corps relève pour nous de l'évidence. Pourtant, derrière cette banalité se dissimule un processus extrêmement sophistiqué que les médecins qualifient de sensibilité profonde ou proprioception (du latin «proprius», propre, et «recipere», recevoir). La perception de soi-même, consciente ou non, est due à des millions de minuscules récepteurs qui se trouvent dans les muscles, les tendons, les articu-

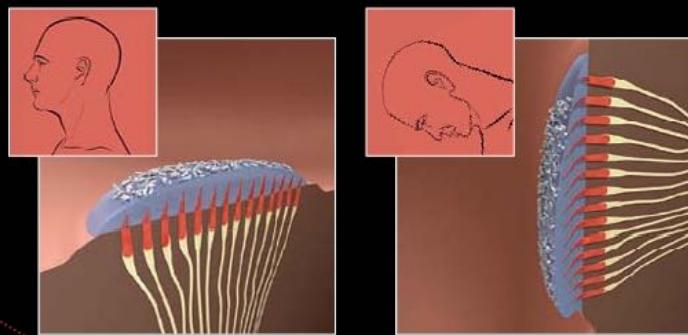
lations et la peau. Ces capteurs saisissent la position de chaque partie du corps et enregistrent la moindre modification.

Les muscles de l'abdomen sont-ils contractés ? Le biceps est-il en extension ? Les ligaments de l'épaule sont-ils tendus ? Quelle est l'amplitude de l'angle au niveau du coude ? Le tendon d'Achille est-il mis en tension ? Sans discontinuer, à chaque seconde de notre existence, ces récepteurs de la sensibilité proprioceptive transmettent par voie nerveuse ces données à la moelle épinière, et de là rejoignent les centres moteurs localisés dans le cerveau.

Ceux-ci reçoivent aussi des informations sensorielles venant de la peau. Les capteurs qui se trouvent dans la plante des pieds nous renseignent par exemple sur la consistance du sol. Sommes-nous sur du sable ? Sur du bois ? Sur des ●●●



LORS D'UNE ROTATION, quand nous tournons la tête par exemple, le liquide interstitiel (endolymphe) se déplace dans les canaux et fait pression sur la cupule (en bleu) qui renferme des cils sensoriels (en rouge). Ces terminaisons sont liées à des fibres nerveuses (en jaune) qui signalent aussitôt chaque mouvement au cerveau.



L'INCLINAISON DE LA TÊTE influe sur la forme des cupules (en bleu) dans les cavités, car la pesanteur agit sur les concrétions calcaires (otolithes) flottant en surface. Les cils (en rouge) enregistrent chaque nouvelle forme et transmettent l'information au cerveau par des fibres nerveuses (en jaune).

••• galets glissants ? A partir de ces millions de messages internes, le cerveau construit une image détaillée de la position de notre corps.

Parfois, nous devons réagir si rapidement qu'un stimulus doit être traité dès la moelle épinière, sans passer par le cerveau, le trajet de l'information jusqu'à l'être étant tout simplement trop long. C'est le cas, quand nous trébuchons sur une pierre pendant que nous effectuons un jogging. Les récepteurs font alors état d'une position inhabituelle de l'articulation du pied. La moelle épinière répond immédiatement à ce signal d'alarme par un réflexe : elle avertit directement la cuisse, qui est obligée de s'adapter pour éviter la chute. Nous n'avons alors que quelques fractions de seconde pour déplacer tout notre poids d'un seul mouvement de jambe.

Sans en avoir conscience, **NOUS** prenons DES POINTS DE repère **VISUELS** horizontaux et VERTICAUX : **L'HORIZON**, des arbres...

Mais tous les renseignements produits ne suffisent pas à nous faire garder constamment l'équilibre. Notre corps a besoin d'autres données : il doit connaître précisément sa position dans l'espace en trois dimensions, et donc être capable de comprendre où il se situe précisément dans son environnement, où sont le haut et le bas, la gauche et la droite.

Les yeux jouent ici un rôle particulièrement important. Les quelques milliers d'impressions que nos organes visuels

collectent seconde par seconde sont traitées par le cerveau qui y trouve les informations dont il a besoin. Sans en avoir conscience, nous rassemblons en permanence des données sur la constitution de l'espace alentour. Spontanément, nous l'organisons en fonction des figures géométriques que nous rencontrons : la ligne d'horizon, les arbres, les poteaux électriques, les étendues d'eau ou même les rebords de fenêtre.

C'est en raison de cette perception géométrique de l'espace que n'importe qui est en mesure de dire sans difficulté si un tableau est accroché de travers sur un mur, même si son inclinaison est minime, pratiquement imperceptible. De la même façon, nous pouvons évaluer avec précision si le sol sur lequel nous nous trouvons est légèrement incliné vers le haut ou vers le bas.

Mais notre sens de l'équilibre ne serait pas aussi parfait si nous ne disposions de certains organes bien spécifiques. Il s'agit de deux complexes situés dans les oreilles internes, les appareils vestibulaires, qui jouent pour notre stabilité un rôle au moins aussi important que nos yeux.

Ces organes, à peine plus gros que des petits pois, se trouvent quelques millimètres à peine derrière le tympan (voir illustrations pp. 52-53). Extrêmement fins, ils se composent de deux cavités et de trois canaux semi-circulaires orientés de façon orthogonale dans les trois plans de l'espace, et contiennent un liquide, l'endolymph, qui les informe sur les mouvements de rotation du crâne.

Sur la paroi interne de ces canaux, des cils portés par des cellules sensorielles de l'épithélium baignent dans l'endolymph et forment des touffes ciliaires. Le moindre mouvement de la tête agite le liquide qui entraîne les touffes ciliaires et modifie leur courbure. Ce phénomène provoque la stimulation électrique des cellules sensorielles, signal immédiatement transmis au cerveau par le biais des fibres nerveuses. C'est ainsi que nous prenons conscience des accélérations angulaires de la tête, par exemple quand nous la secouons ou quand nous la penchons de côté. Dans les cavités de

Les secrets de la stabilité

Un système extrêmement sophistiqué de détecteurs nous empêche de tomber.

S'ils n'étaient doués du sens de l'équilibre, les hommes ne cesseraient de trébucher et chuter. Sans même parler de faire de la bicyclette ou de tenir sur une jambe, ils ne pourraient ni marcher ni sauter. Le sixième sens fait intervenir plusieurs composantes. D'une part, les capteurs situés dans les muscles, les articulations et la peau, donnent la position de chacune de nos extrémités et la pression qu'elles subissent - comme le poids pesant sur chaque plante de pied. D'autre part, nous explorons visuellement la forme de notre environnement pour savoir par exemple si le terrain monte ou descend. Enfin, de minuscules capteurs dans l'oreille interne déterminent si notre corps est ou non en accélération. Même les yeux fermés, nous savons si nous sommes en train de vaciller et sur le point de tomber.

pcchem Stuhmann

l'appareil vestibulaire, les cils sensoriels baignent dans une sorte de gélatine, appelée cupule, dont la surface est parsemée de minuscules concrétions calcaires, les otolithes. Lorsque nous nous déplaçons en ligne droite et que nous accélérons ou ralentissons, le mouvement agite les otolithes, la couche gélatineuse et donc les cils sensoriels qui s'y trouvent. La racine de chacune de ces touffes sensorielles est reliée à une fibre nerveuse minuscule qui signale au cerveau avec quelle puissance et dans quelle direction elle a été déformée.

Ainsi, le système nerveux central connaît la force de l'accélération que l'individu subit. A partir des nombreux signaux qui arrivent en permanence des deux appareils vestibulaires, le cerveau calcule en une fraction de seconde les mouvements du corps dans l'espace. Ce

NOS YEUX, à chaque seconde, apprennent au cerveau où nous nous trouvons dans l'espace et où se situe le sol.

DEUX ORGANES DE L'OREILLE INTERNE, à peine plus gros qu'un petit pois, enregistrent les différentes inclinaisons de notre corps.

UNE MULTITUDE DE CAPTEURS

microscopiques dispersés dans les muscles, la peau et les articulations (ici dans le genou) constatent quel ligament est tendu et transmettent l'information au cerveau.

LA PEAU (ici celle de la plante des pieds) renferme des microcapteurs extrêmement sensibles qui permettent au cerveau de savoir quel poids repose exactement sur les différentes parties du corps.

processus neurologique, qu'on ne comprend pas complètement aujourd'hui encore, est d'une précision étonnante. La disposition des récepteurs dans l'oreille interne est si fine qu'elle nous permet d'identifier avec exactitude le moindre mouvement, même s'il se mesure en millimètres. Nous sommes capables de reconnaître notre position et nos mouvements même quand nous ne voyons rien. Ainsi, les yeux fermés, le passager d'une voiture peut dire si le conducteur accélère, freine ou s'engage dans un virage. Il en va de même pour les accélérations verticales : dans un ascenseur sans fenêtre, nous pouvons dire si celui-ci monte ou descend.

Ce système reconnaît tous les mouvements de rotation avec la même précision : lorsqu'un footballeur se retourne pour suivre le ballon, lorsqu'un patineur

artistique réalise une pirouette ou qu'un lanceur de marteau tourne sur lui-même. Ou quand un gymnaste exécute un salto. Lors de ce type de saut, les capteurs n'enregistrent pas seulement le sens mais aussi la vitesse de rotation. C'est grâce à cela que les aires cérébrales en charge du système moteur peuvent évaluer à quel instant exactement le corps tourne, et donc quand il faut étendre les jambes pour préparer la réception.

SANS CES ORGANES en charge de l'équilibre – sans les capteurs dans l'oreille interne, sans les innombrables récepteurs présents dans les muscles, les articulations et la peau, sans notre système visuel fait pour reconnaître les formes géométriques autour de nous –, l'homme ne serait pas ce qu'il est : un virtuose du mouvement, un artiste de

l'équilibre. Les acrobates ne pourraient pas se balancer à une corde tendue dans les airs, les skieurs de vitesse dévaler les pentes de montagne à plus de 200 km/h, les plongeurs exécuter une quadruple vrille lors d'un saut de dix mètres.

Mais le plus étonnant est que, en général, nous ne remarquons même pas le travail colossal accompli par le sixième sens. Ces opérations complexes se produisent le plus fréquemment sans que nous en décidions consciemment. Par exemple, lorsque nous marchons en forêt ou montons un escalier, nous ne nous interrogeons pratiquement jamais sur notre équilibre.

Ce n'est que lorsque quelque chose vient perturber l'harmonie entre ces différentes composantes que nous prenons conscience de l'importance de leur bon fonctionnement. Alors la ●●●

Comment compenser la perte d'équilibre liée à l'âge

Grâce à quelques exercices simples, la stabilité peut être entretenue, voire développée.

Garder l'équilibre peut sauver du trépas. En France, chaque année, environ 10 000 morts sont dues à des chutes, première cause de décès par accident de la vie d'après l'Institut de veille sanitaire. Et près de 95 % des victimes ont plus de 65 ans. Avec l'âge, l'équilibre et la coordination des membres ont en effet tendance à se dégrader. Les nerfs transmettent les signaux plus lentement au cerveau, qui a lui-même besoin de plus de temps pour les traiter. En outre, la quantité de cils sensoriels dans l'oreille interne est en diminution.

Ainsi, les individus situés dans la tranche d'âge 18-39 ans peuvent tenir en moyenne quarante-cinq secondes debout sur une jambe. Les septuagénaires, eux, ne tiennent plus que quinze secondes, et les octogénaires moins de dix. A cela s'ajoute le fait que les sujets âgés ont une mauvaise vue et qu'ils anticipent donc moins bien les obstacles. Alors qu'un jeune adulte n'aura besoin que d'un geste pour rétablir son équilibre, les seniors, eux, n'ont plus la force musculaire nécessaire ou ont un temps de réaction trop long.

Ce déclin a de lourdes conséquences : environ un tiers des personnes âgées de plus de 65 ans subissent une chute grave au moins une fois par an – qui peut arriver simplement parce qu'elles se sont pris les pieds dans le tapis du salon. A cause de ce genre d'accident, des dizaines de milliers de personnes se fracturent le col du fémur, blessure dont les séquelles ne disparaissent jamais complètement chez les seniors. Plus grave : le risque de mourir

quelques mois plus tard augmente considérablement avec l'âge. Mais il est possible de réduire significativement le danger. Les personnes âgées peuvent elles aussi exercer leur coordination et leur équilibre afin de combattre la perte progressive du sens de l'équilibre.

Pas besoin pour cela d'exercices très compliqués pour le développer : essayer, chaque jour, de tenir le plus longtemps possible sur une seule jambe y contribue déjà. Ce travail est encore plus utile les yeux fermés ou en ne restant pas inactif. On peut, par exemple, se brosser les dents sur une jambe. Mais, comme les personnes qui n'ont plus fait de sport depuis longtemps, les personnes âgées doivent, pour leur sécurité, s'exercer à proximité d'un appui en cas de besoin.

A ceux qui veulent exercer leur équilibre de façon plus intensive, les médecins du sport recommandent d'acheter un petit trampoline et, plusieurs fois par semaine, de passer quelques minutes à y sauter ou simplement à s'y laisser balancer.

Pour préserver cette capacité, une planche d'équilibre (une surface plane posée sur une demi-sphère ou un cylindre)

peut s'avérer très utile. Enfin, le tai-chi et le yoga ont la réputation d'être particulièrement bénéfiques pour gagner en stabilité.

Les personnes âgées ne sont pas les seules à devoir entretenir leur sens de l'équilibre. Les sportifs de haut niveau y gagneraient également beaucoup. De nombreuses études montrent en effet que les athlètes disposant de cette capacité subissent nettement moins d'entorses et de déchirures musculaires. *Ute Eberle*



Tenir le plus longtemps possible sur une jambe cultive la capacité à rester d'aplomb.

Ojo-Photopicture

••• confusion est totale. Il n'est pas rare, par exemple, qu'assis dans un train à l'arrêt dans une gare, nous soyons troublés par le démarrage d'un train sur la voie voisine : pour le centre visuel de notre cerveau, c'est nous-mêmes qui nous mettons en mouvement. Mais les appareils vestibulaires annoncent de leur côté que nous restons immobiles. Aussi, le cerveau a-t-il besoin de quelques instants pour assimiler les différentes informations contradictoires, et comprendre qu'il lui faut se fier à l'oreille interne. Alors seulement le doute disparaît, nous sommes sûrs et certains que notre train n'a pas bougé.

Certaines personnes sont particulièrement sensibles à ce genre de décalage. Il est assez banal lorsqu'on essaie de lire

Une énigme :
qu'est-ce QUI
distingue
LES ATHLÈTES
de haut niveau
des autres
HUMAINS ?

en voiture d'être rapidement pris de malaise, car les yeux ont l'impression que le corps est immobile, alors que l'oreille interne enregistre un mouvement.

Plus grave est la perte du sens de l'équilibre que provoque parfois la consommation d'alcool. Celui-ci parvient jusque dans les appareils vestibulaires par voie sanguine et y modifie la composition du liquide interstitiel en fonction de la quantité absorbée. Il vient alors brouiller les mesures réalisées par le cerveau et les fait se mélanger entre elles. Rapidement, notre sixième sens se dégrade. Et nous commençons à tituber.

La capacité de percevoir ses mouvements et sa propre gravité est essentielle pour l'être humain. Et ce n'est pas un hasard si, entre tous les sens dont nous

disposons, c'est le premier à se développer au cours de la vie embryonnaire. Entre la sixième et la huitième semaine de gestation, l'organe de l'équilibre commence déjà à se former dans l'oreille du fœtus.

Cependant, c'est aussi le sens qui, chez l'homme, réclame le plus de temps pour arriver à maturation complète. Le plus souvent, les nourrissons ont besoin d'une année entière avant d'arriver à coordonner suffisamment leurs membres pour s'essayer à quelques pas hésitants. Et il se passe habituellement quatre ans avant qu'ils arrêtent de trébucher constamment quand ils se déplacent.

Mais qu'il soit jeune ou bien vieux, l'homme doit toujours réapprendre à maîtriser son corps et à trouver son équilibre dès qu'il s'essaie à un nouveau type de mouvement. Y compris lorsqu'il s'agit seulement de parvenir à enchaîner sans hésitation des gestes qu'il maîtrise déjà individuellement.

Prenons l'exemple d'un enfant sachant déjà courir et sauter : il n'arrivera pas forcément, en un seul et même mouvement, à prendre de l'élan et bondir dans un bac à sable. Lors de ses premières tentatives, il va s'approcher du bac en courant, s'interrompre une fois arrivé devant l'obstacle, puis finira par sauter à l'arrêt. Cette hésitation est liée au fait que, lorsque nous commençons un enchaînement de gestes inconnus, nous avons besoin de nous le représenter mentalement. Car notre priorité reste finalement de ne pas perdre l'équilibre.

LORSQU'UN ENFANT veut faire une galipette sans tomber sur le côté, il doit d'abord décomposer toute la séquence à l'avance : étendre les bras, poser les mains sur le sol, rentrer la tête, arrodir le dos et donner une impulsion avec ses pieds. Ce n'est qu'après avoir répété la manœuvre un certain nombre de fois que son enchaînement gagnera en fluidité.

Il est d'ailleurs courant que l'on s'aide d'accessoires pour réussir un nouveau mouvement. Les jeunes enfants commencent par s'entraîner avec un vélo sans pédales ou avec des petites roues à l'arrière avant de pouvoir rouler seuls en

toute sécurité. Et ce besoin de progresser ne disparaît jamais : les personnes âgées peuvent elles aussi continuer à entraîner leur sixième sens (lire page de gauche).

Les sportifs de haut niveau sont ceux qui illustrent le mieux la difficulté que représente l'acquisition d'un mouvement complexe. Les gymnastes, en particulier, passent des années et des années à travailler le même répertoire de gestes et commencent à exercer leur équilibre dès leur plus tendre enfance. Eux aussi, au début, ont besoin de s'aider de quelque chose. Pour apprendre à exécuter un salto sans chuter à la réception, les athlètes s'entraînent avec une courroie suspendue à une sorte de baudrier. Attachés à ce dispositif de sécurité, ils essaient de développer peu à peu une routine gestuelle et de maîtriser toutes les phases de la rotation – jusqu'à ce qu'ils n'aient plus besoin que leur entraîneur, en cas de besoin, vienne les aider à terminer la figure.

Cependant, nous n'avons pas tous les mêmes facilités pour maîtriser de nouveaux gestes ou réussir des figures acrobatiques. Mais à quoi ce talent tient-il ? Qu'est ce qui caractérise le sixième sens parfait ? Ou pour poser la question autrement : qu'est-ce qui différencie les athlètes de haut niveau comme Linlin Deng de l'humain moyen ?

Les scientifiques ne sont pas encore à même de répondre à cette question avec certitude. Certains pensent que le mystère du mouvement parfait – à l'inverse de ce qu'on pourrait croire – n'est peut-être pas dû à des organes du sixième sens particulièrement réceptifs. La virtuosité de bien des acrobates ne s'expliquerait

ainsi pas par une extrême acuité de leurs appareils vestibulaires dans l'oreille interne, mais au contraire par des capteurs peut-être moins réceptifs, de telle sorte que des mouvements brusques, inhabituels et désordonnés ne les troubleraient pas autant que d'autres individus.

Selon ces chercheurs, cette différence de sensibilité expliquerait aussi pourquoi, en mer, certains passagers restent imperturbables face à une mer déchaînée pendant que d'autres souffrent de nausées et ne peuvent déjà plus tenir sur

leurs jambes alors que le bateau ne fait que tanguer ou rouler légèrement.

Ce serait également la raison pour laquelle certaines personnes ont le vertige dès qu'elles tournent sur leur chaise de bureau alors qu'une bonne patineuse ne sent rien même après un triple axel.

Les recherches n'ont pas encore réussi à mettre au jour le détail de tous ces phénomènes physiologiques. Mais si les hypothèses des scientifiques se vérifient prochainement,

elles amèneront à une conclusion plutôt curieuse : la perfection d'un sens ne se caractériserait pas nécessairement par une exceptionnelle sensibilité. Paradoxalement, une touche d'insensibilité pourrait parfois avoir du bon. Au moins lorsqu'il s'agit de notre équilibre. □

Mémo : L'ÉQUILIBRE

- C'est un ensemble de plusieurs composantes sensorielles qui nous aide à rester stable.
- Tout d'abord, les capteurs présents dans les muscles, les articulations et la peau informent le cerveau de la position des membres les uns par rapport aux autres.
- Ensuite, les yeux analysent en continu la disposition de l'espace autour de nous et déterminent par exemple où sont le haut et le bas.
- Enfin, les organes vestibulaires de l'oreille interne permettent de savoir si le corps est en train d'accélérer, de se tourner ou de tomber.
- Dès que la liaison entre ces composantes du sens de l'équilibre est rompue – par exemple, lorsque nous consommons de l'alcool –, nous pouvons être pris de vertige.

Ute Eberle est journaliste scientifique aux Pays-Bas. **Jörn Auf dem Kampe** et **Rainer Harf** travaillent à la rédaction de «GEOkompakt». **Adam Pretty**, photographe, s'est spécialisé dans le sport. Récompensé à plusieurs reprises pour ses travaux, il a réalisé les images de ce sujet à partir de plusieurs études de mouvement. **Jochen Stührmann** est illustrateur à Hambourg. La supervision scientifique a été assurée par **Rainer Wollny**, de l'Institut du sport de l'université allemande Martin-Luther de Halle-Wittenberg.



Les subtiles mécaniques du dos



L'élément central de notre dos est constitué par la colonne vertébrale (ici en rose), une structure élaborée, faite de vertèbres, d'articulations et de disques. Elle stabilise le corps et lui confère sa très grande souplesse.

Par Sebastian Witte (traduction : Laurence Le Van),
Tim Wehrmann et Karl Wesker (illustrations)

L'architecture de notre colonne vertébrale nous permet de résister à des charges extrêmes.

Comment expliquer alors que des millions d'individus souffrent du dos ?

Médecins, spécialistes du sport et psychologues se sont penchés sur ce «mal du siècle».

Surprise : on découvre que, mieux que la chirurgie, des méthodes qui paraissent a priori banales (la patience, le renforcement musculaire...) font leurs preuves.



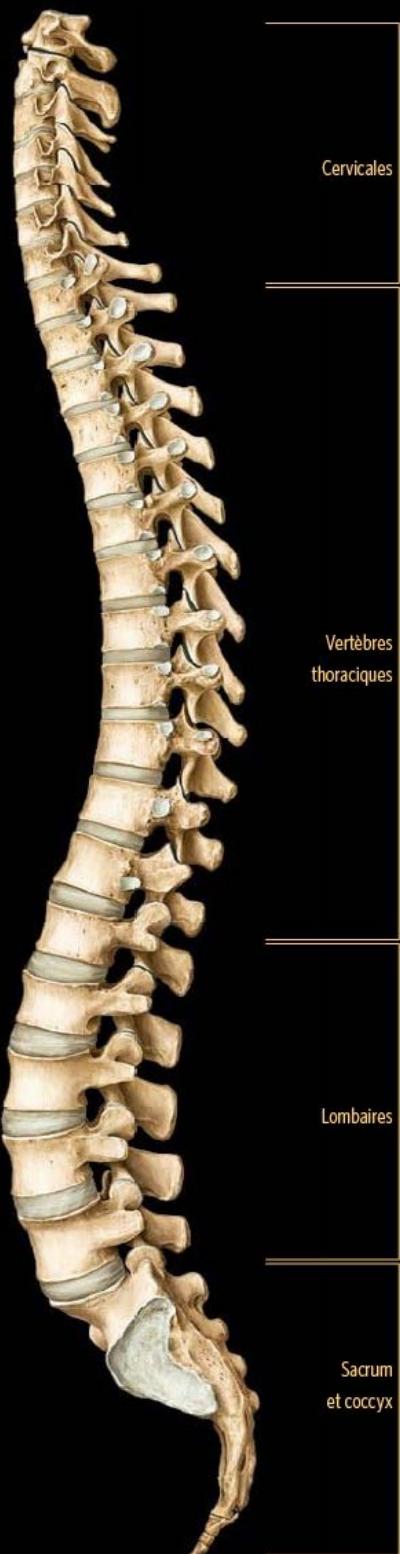
Introduction

'être humain est une formidable machine biologique qui s'est perfectionnée au fil des millions d'années de son évolution depuis l'acquisition de la bipédie et dont les os, les muscles et les nerfs fonctionnent en coordination avec une efficacité étonnante. Artiste du mouvement, l'homme moderne est l'espèce la plus mobile, la plus souple et la plus endurante du règne animal. Malgré cette perfection anatomique apparente, une zone au moins de notre organisme semble avoir été négligée par la nature lors de la conception de notre architecture. Comme s'il concentrerait les erreurs, le dos, qui assure notre verticalité, ne se révèle pas à la hauteur des exigences de la vie quotidienne.

Pourquoi, sinon, la partie postérieure du tronc causerait-elle autant de soucis à un si grand nombre de gens ? Rares sont ceux d'entre nous qui n'ont jamais eu de douleurs liées à la colonne vertébrale ou au dos ; à qui une position assise prolongée n'a pas créé de pression au niveau des vertèbres lombaires ; dont la nuque n'est pas sujette, de temps à autre, à des tensions pénibles. Les lombalgies, dorsalgies et cervicalgies sont un problème de santé qui concerne un grand nombre de personnes. Les experts estiment que 80 % des Français ont ou auront mal au dos, à un moment de leur vie. Chez un individu survivant, la douleur devient chronique, entraînant dans une spirale de souffrance dont il est difficile de sortir. Pour certains, elle peut même prendre des proportions telles que leurs mouvements sont entravés. Les personnes en question peuvent rester éveillées des nuits entières sans trouver une position confortable ni le repos.

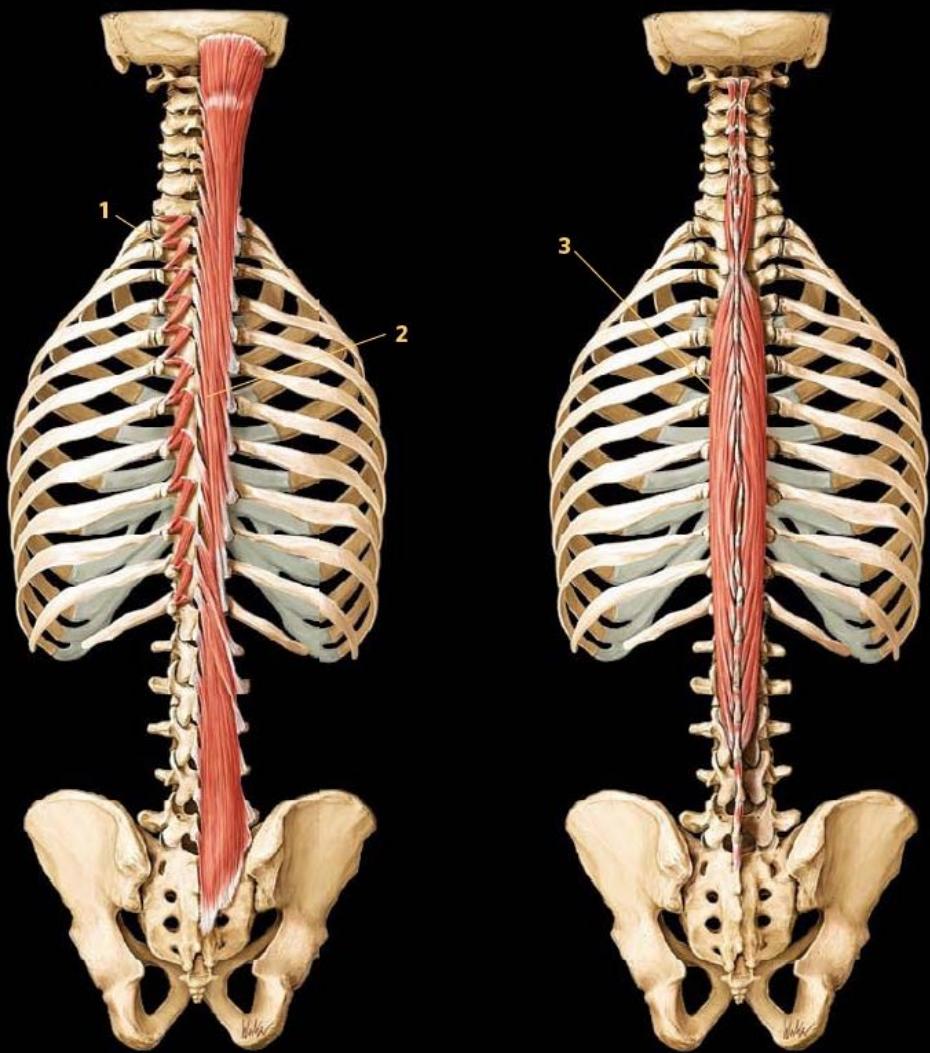
Alors que sa seule fonction est de nous maintenir debout, cette structure de soutien qu'est le dos provoque paradoxalement un affaissement chez bon nombre de personnes, les obligeant parfois à rester en position horizontale. Des scientifiques se penchent sur le phénomène depuis des décennies, en étudiant le fonctionnement de l'axe central du corps et les raisons de sa vulnérabilité. Ils tentent de comprendre les facteurs qui transforment une douleur aiguë en une souffrance chronique, tout en recherchant des moyens de prévenir cette pathologie.

Au cours de ces dernières années, aucun autre sujet médical n'a suscité autant de publications scientifiques. Un tel intérêt pour la question laisserait supposer que l'on a percé à jour le mystère des dysfonctionnements de notre colonne vertébrale. Pourtant, pratiquement aucune autre souffrance ne reste aussi énigmatique que le mal de dos. Faute d'explications satisfaisantes, les médecins prononcent bien trop souvent des diagnostics vagues, et ne laissent guère d'autre choix aux patients anéantis par la



Le support du système

La colonne vertébrale est composée des vertèbres cervicales, des thoraciques, des lombaires et de l'ensemble sacrum-coccyx. Sa courbure en double S lui confère une grande résistance à la compression. Les 24 vertèbres, dotées d'apophyses sur lesquelles s'accrochent les muscles, sont séparées par des coussinets élastiques, les disques intervertébraux.



Les stabilisateurs

Le long de la colonne s'étendent, de chaque côté, des faisceaux de muscles qui assurent son maintien vertical et sa mobilité. Les muscles les plus profonds sont des muscles courts (1) qui relient les vertèbres entre elles. Ils sont recouverts de faisceaux musculaires plus longs (2) dont une extrémité est reliée aux côtes. Ces deux groupes permettent l'articulation des vertèbres, la mobilité des segments de colonne ainsi que l'extension et la flexion du rachis. Dans les parties les plus flexibles – le cou et la région lombaire –, la musculature est la plus vigoureuse. Un autre groupe de faisceaux musculaires entoure la colonne comme un corset protecteur (3).

douleur que de s'orienter vers des thérapies alternatives parfois douteuses. Cependant, la situation semble évoluer, lentement mais positivement.

Les experts sont de plus en plus prêts à dépasser les frontières de leur domaine et à s'ouvrir à d'autres spécialités afin d'aborder le mal de dos de manière globale. Des biomécaniciens s'associent avec des psychologues, des médecins du sport avec des biologistes de l'évolution, des neurologues spécialistes de la douleur avec des anatomistes. Une synergie qui permet de mieux appréhender les véritables causes de cette calamité et de concevoir de nouvelles façons de la guérir.

Porter des charges n'abîme pas **le dos**. Au contraire, c'est essentiel à son entretien

I. Anatomie

Pourquoi l'architecture du dos n'est pas défectueuse, et comment la colonne résiste à de fortes charges

Les recherches actuelles le démontrent : le dos n'est pas qu'un simple support du corps, mais une structure très complexe destinée à remplir de multiples fonctions.

L'élément central de cette structure est la colonne vertébrale – ou rachis – qui accomplit la prouesse, plus que toute autre partie du corps, de répondre à des exigences contradictoires : à la fois stable et ●●●

●● mobile, elle protège la moelle épinière, substance fragile, tout en laissant passer, à intervalles réguliers, des douzaines de nerfs spinaux vers les tissus avoisinants.

Tout cela est possible grâce à une construction ingénieuse (voir illustration p. 60) : vingt-quatre vertèbres mobiles (sept cervicales, douze thoraciques et cinq lombaires) constituent une chaîne osseuse capable de flexion et de rotation, conférant au dos sa flexibilité. Les cervicales forment la partie la plus mobile reliant la tête au tronc. En bas, le rachis se termine par le sacrum, puis le coccyx, structure pyramidale qui débouche dans le bassin.

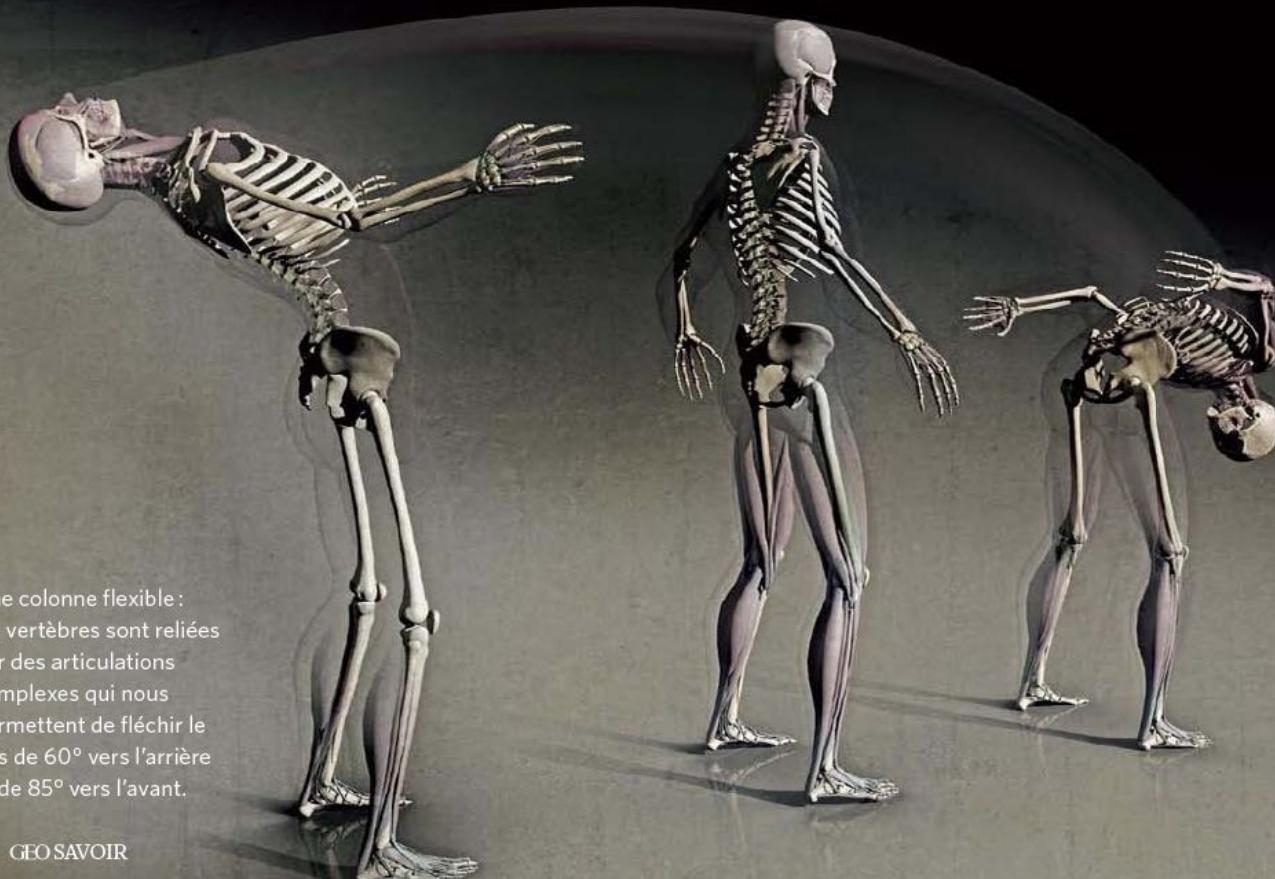
Les vertèbres n'appuient pas directement l'une sur l'autre mais sont séparées par des disques intervertébraux élastiques qui amortissent les chocs et protègent le rachis des traumatismes. Insignifiants en apparence, ces amortisseurs sont une invention géniale de la nature. Leur enveloppe est faite de plusieurs couches fibreuses résistantes. A l'intérieur, un noyau gélatineux rempli de liquide absorbe les heurts comme un coussin plein d'eau. Grâce à cela, le disque supporte de lourdes charges. La simple position assise fait peser toute la partie supérieure du corps sur les vertèbres lombaires, soit une pression de 4,5 bars, deux fois plus que dans un pneu de

voiture. Et elle grimpe à vingt-trois bars si nous soulevons une charge de vingt kilos en nous penchant en avant. Par effet de levier, une force de 300 kilos pèse alors sur le noyau gélatineux. Aucun autre tissu du corps ne subit de telles pressions. En théorie, la région lombaire pourrait supporter une charge de plus d'1,5 tonne, l'équivalent d'une petite voiture.

Plus les disques intervertébraux sont sollicités, plus ils perdent d'eau et se tassent. Au cours d'une journée, la colonne vertébrale peut ainsi rétrécir, perdant jusqu'à trois centimètres. Cependant, les charges qui pèsent sur ces amortisseurs ne les endommagent pas, elles leur sont au contraire vitales. En effet, les tissus du disque ne sont pas alimentés par voie sanguine. Après avoir été compressés, ils se regonflent comme une éponge en absorbant de l'eau et des éléments nutritifs des zones adjacentes. Cette opération se produit essentiellement la nuit, lorsque les tissus sont au repos. Les amortisseurs sont ainsi de nouveau regonflés à bloc le matin. La pression est donc indispensable aux disques. Ce n'est que lorsqu'ils sont comprimés – quand on se penche, change de position ou soulève un poids – qu'ils peuvent ensuite se gorger de nutriments. Par ailleurs,

Le rachis fait de nous
d'extraordinaires **champions**
de la mobilité

Une colonne flexible :
les vertèbres sont reliées
par des articulations
complexes qui nous
permettent de flétrir le
dos de 60° vers l'arrière
et de 85° vers l'avant.



sous l'effet de la pression mécanique, la colonne vertébrale se courbe naturellement en forme de double S. Chez les bébés et les personnes handicapées dans l'incapacité de marcher, cette courbure caractéristique est absente. Elle rend la colonne dix fois plus résistante à la compression que si elle était rectiligne.

Malgré sa forme adaptée, l'édifice fait de vertèbres et de disques intervertébraux s'effondrerait s'il n'était pas maintenu par des ligaments et, surtout, par des muscles. Telles des bandes de caoutchouc, ceux-ci s'étirent de vertèbre en vertèbre en les gardant sous tension et tiennent l'axe central du corps (voir illustration p. 61). De plus, ils soulagent les ligaments et entrent en action dès que l'on se lève, s'étire ou se tourne. Grâce à eux, le dos est soutenu.

Par ailleurs, le rachis abrite un canal dans lequel passe la moelle épinière – un ensemble protégé de fibres nerveuses reliant le cerveau au reste du corps. Entre les vertèbres, des nerfs spinaux partent de la moelle vers les parties du corps où ils étendent leurs ramifications. Par ces fibres nerveuses, le cerveau commande les mouvements et le fonctionnement des organes. En sens inverse, le centre de notre pensée reçoit de multiples informations, par exemple en provenance des organes sensoriels.

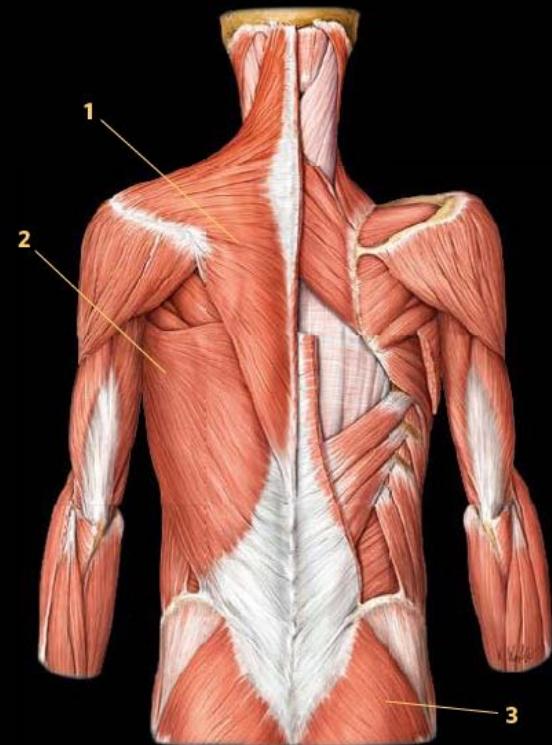
L'interaction entre vertèbres, disques, ligaments, muscles et fibres nerveuses s'est développée durant des millions d'années et a largement fait ses preuves (lire encadré p. 68). Notre dos ne doit donc pas être considéré comme une erreur de construction survenue au cours de l'évolution. Au contraire, il a fait de nous les maîtres de la mobilité. Nous sommes capables de marcher, courir, sauter... Et les sportifs entraînés arrivent à se contorsionner, accomplir des poses acrobatiques, faire des sauts périlleux ou soulever des haltères lourds.

II. Diagnostic

Pourquoi la médecine peine à expliquer le mal de dos, et pourquoi l'érosion des disques n'en est pas la cause

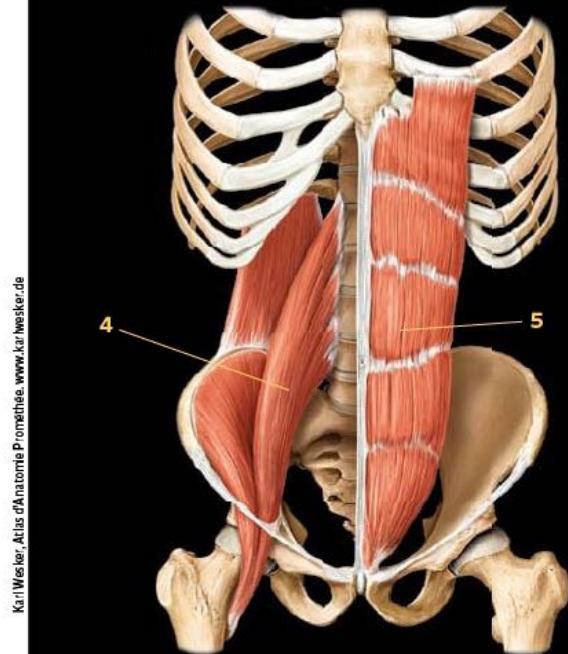
Alors que le dos est capable de telles prouesses, pourquoi fait-il souffrir autant de gens ? Et quelles sont les raisons des douleurs ? Ces interrogations paraissent simples. Les réponses, elles, doivent prendre en compte plusieurs aspects et restent souvent approximatives.

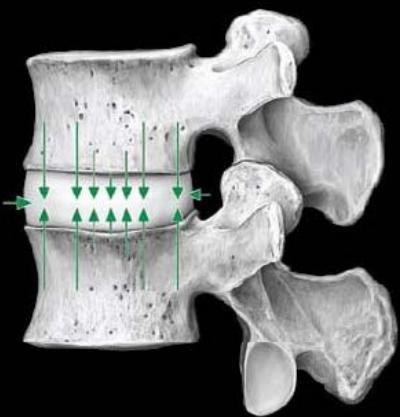
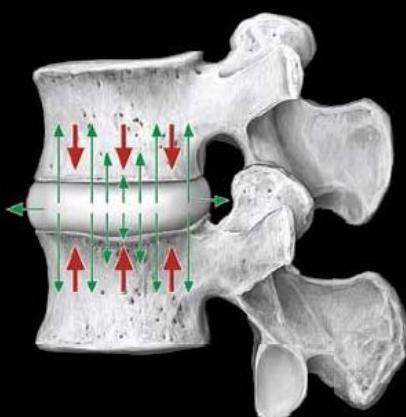
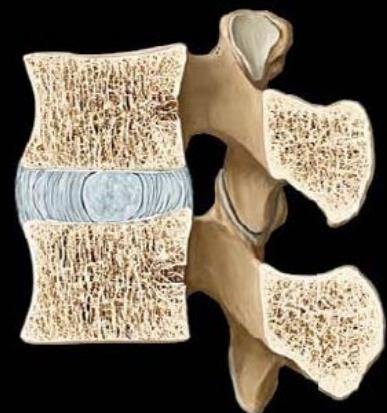
Le dos n'est pas une simple mécanique dont on pourrait évaluer le fonctionnement en prenant quelques mesures précises. S'il est possible pour les médecins de détecter une infection ou une anomalie du foie à l'aide des résultats d'une analyse sanguine, il n'existe pas de caractéristiques comparables pouvant révéler un problème de dos. De plus, le ressenti de la douleur varie bien souvent d'un individu à l'autre. Certains se plaignent •••



Ce qui nous rend mobiles

Au-dessus des muscles couvrant la colonne, différentes couches de muscles rendent possibles les mouvements du dos (en haut). Le trapèze (1) permet la rotation de l'omoplate, le grand dorsal (2) exerce une traction du bras vers le tronc, le grand fessier (3) maintient le bassin vertical lors de la marche. Les muscles à l'avant du tronc ont aussi un rôle important (en bas) : le grand oblique (4) dans la rotation du tronc au niveau lombaire, les grands droits (5) permettent de flétrir le tronc sur le bassin et agissent à l'inverse des muscles redressant la colonne.





Les amortisseurs naturels

Les vertèbres sont séparées par des disques intervertébraux qui contiennent en leur centre un noyau gélatineux (image du haut, coupe longitudinale). Soumis à une charge (flèches rouges), le disque perd du liquide (flèches vertes, image du milieu). Lorsqu'il n'est plus compressé, il se gorge à nouveau de liquide, comme une éponge (flèches vertes, image du bas). Le disque n'étant pas irrigué par voie sanguine, il a besoin d'être compressé et décompressé afin d'absorber le liquide nutritif.

●●● d'un élancement dans la région lombaire, d'autres ressentent une brûlure dans la nuque. Chez d'autres encore, les sensations désagréables diffusent du dos vers diverses parties du corps et peuvent être perçues dans les muscles ou la peau, l'épaule, la hanche ou le genou. Dans 85 % à 90 % des cas, les médecins diagnostiquent des douleurs de dos «non spécifiques», ce qualificatif signifiant que l'on ne peut imputer la souffrance à aucune cause biologique ou physiologique évidente.

Même la déformation d'un disque, phénomène d'usure aux apparences dramatiques, n'est pas nécessairement cause de douleur lancinante. Le vieillissement de la colonne vertébrale est un processus tout à fait naturel. Dès l'âge de 30 ans, la souplesse des petites articulations entre les vertèbres diminue petit à petit. Elles se déforment et se densifient. Les ligaments perdent de leur elasticité et de leur force de traction, la masse osseuse réduit, rendant les os plus fragiles. Parfois même, des vertèbres sont déplacées. Encore plus tôt, dès l'âge de 20 ans, les disques intervertébraux subissent des transformations visibles. L'ampleur des altérations dépend probablement surtout de facteurs génétiques mais aussi des sollicitations mécaniques. Le taux de liquide contenu dans le noyau discal passe ainsi de 90 % à 75 % au cours d'une vie. La capacité d'absorption des tissus se relâche. En perdant de son aptitude à se nourrir, le coussinet se dessèche plus vite et finit par se détériorer.

Les fibres qui entourent le noyau peuvent se fissurer, et lorsqu'il subit de fortes charges le disque se déforme vers l'avant. Il lui arrive alors de se déplacer, ou les fibres se rompre et la masse gélatineuse s'échapper (lire encadré p. 67). C'est ce qu'on appelle une hernie discale. Ce débordement du disque intervertébral risque, dans ce cas, de comprimer les racines nerveuses voisines ou venir rétrécir le canal rachidien contenant la moelle épinière. On pourrait supposer que ce type de lésions, facilement repérable, provoque d'importantes douleurs. En réalité, les réactions individuelles varient selon la déformation ou le déplacement d'un disque. Certains endurent de grandes souffrances tandis que d'autres ne ressentent en rien les conséquences de l'usure discale. Les études révèlent que chez la moitié au moins des sujets qui n'ont pas de douleurs, les disques présentent néanmoins des signes d'usure. Et plus encore : une personne sur cinq chez les 20-40 ans, et une sur deux chez les 60-80 ans sont victimes d'une hernie discale, mais sans rien ressentir tout au long de leur vie.

Ainsi les problèmes mécaniques du rachis ne sont que rarement à l'origine de douleurs aiguës du dos. Les techniques d'imagerie médicale sont donc peu adaptées pour établir un diagnostic. Pourtant de nombreux médecins ont toujours recours à ces examens : radiographies, scanner ou IRM (imagerie par résonance magnétique).

Fait pour bouger, le dos s'adapte difficilement à une **position souvent assise**

Ces clichés ne sont utiles que dans certains cas, notamment lorsque le patient se plaint de douleurs dorsales déclenche une forte fièvre, ne peut plus soulever un pied ou montre d'autres signes de paralysie. Ces symptômes peuvent traduire une inflammation osseuse ou indiquer qu'un nerf est comprimé par le déplacement d'un disque ou par une tumeur. Les examens d'imagerie sont alors nécessaires. Dans tous les autres cas, il faut savoir que les douleurs subjectives ne riment pas toujours avec l'usure du dos, et les résultats d'examens ne concordent pas nécessairement avec le ressenti du patient.

III. Les causes

Comment notre colonne vertébrale souffre de la vie moderne, et comment le dos reflète nos états d'âme

Capable de supporter de formidables charges mécaniques et de résister à une usure importante, le dos – le plus souvent en position assise ou allongée – peine à s'adapter à la vie moderne. Aucune autre partie du corps n'a autant besoin d'être sollicitée par le mouvement et les charges,

en particulier l'importante musculature qui stabilise et maintient le système. Le principe est simple : les

muscles se développent s'ils sont actifs, mais fondent s'ils ne sont pas assez utilisés (lire p. 45). Sans un gainage musculaire fort, le rachis perd son manteau protecteur, devient instable et se courbe à l'excès, que nous soyons assis, debout ou en marche. Pour compenser cette mauvaise posture, certains faisceaux musculaires se contractent en permanence. Les fibres se durcissent, d'où une tension douloureuse. Garder longtemps la même position ou porter une charge en continu sur le dos a le même effet.

Et plus les muscles du tronc sont atrophiés, plus ils sont difficiles à activer, surtout en cas de mouvement brusque. Ainsi, lorsqu'on accélère le pas, la musculature se mobilise trop lentement avec des conséquences délétères : quand on pose le pied, les muscles du dos ne sont pas activés à temps pour amortir le pas et le choc se répercute sur la région lombaire. Les stabilisateurs ont donc toujours un temps en retard. Un de ces petits chocs ne représente pas une charge importante, mais leur accumulation finit par irriter les nerfs du dos. Sur un terrain sensible, le moindre mouvement peut ensuite provoquer des douleurs aiguës.

•••



Une posture problématique : rester assis et penché en avant de manière prolongée peut conduire à l'usure prématuée d'une partie des disques intervertébraux.

●●● Chez tous les individus sujets au mal de dos, des études ont mis en évidence une musculature du tronc insuffisante, donc défaillante.

Muscles dorsaux et abdominaux ne parviennent pas à remplir leur rôle dans la coordination du mouvement et sont trop faibles pour soutenir le haut du corps. Jamais, sans doute, dans l'évolution, l'être humain n'a été aussi faible qu'aujourd'hui. Tandis qu'il y a quelques milliers d'années, l'homme, extrêmement musclé, marchait probablement de dix à vingt kilomètres par jour, il manque aujourd'hui souvent d'exercice physique et son système locomoteur pâtit d'une inactivité à laquelle son développement ne l'a pas préparé.

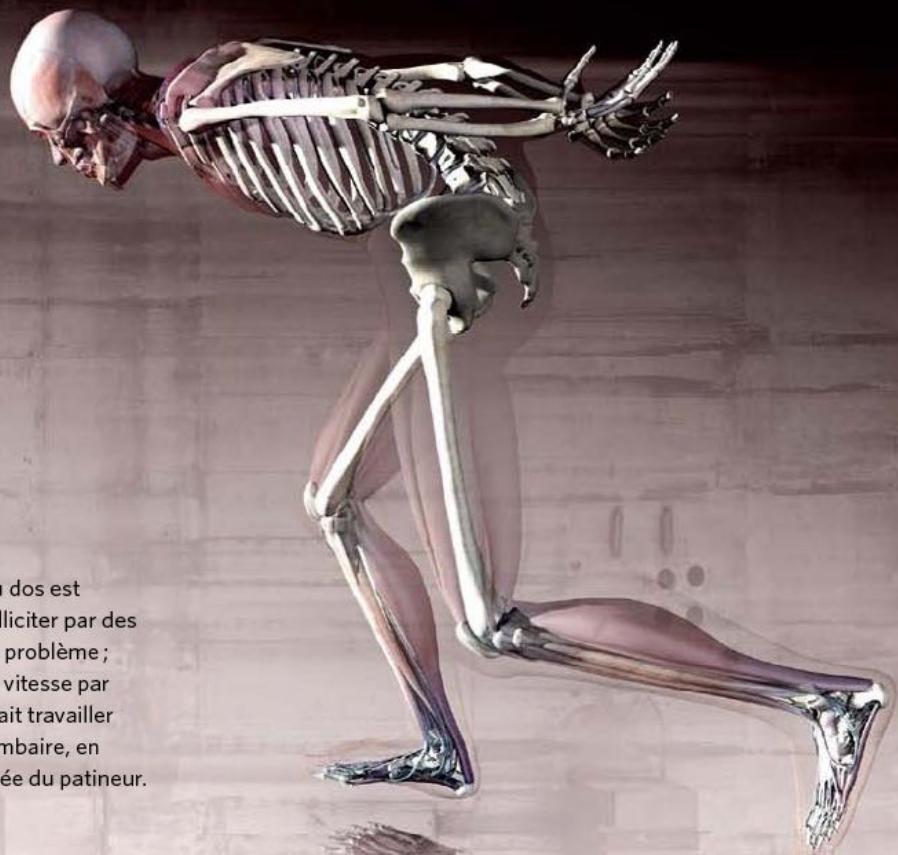
Les chercheurs ont également identifié d'autres coupables modernes : la pression psychologique et le stress qui, eux aussi, pèsent sur le dos. Jamais encore l'homme n'a été soumis à un tel flot d'informations, n'a dû aussi rapidement s'adapter à de nouvelles tâches et supporter de telles charges émotionnelles. Souffrances psychiques et symptômes physiques sont indissociables. Les premières peuvent provoquer des tensions continues des muscles qui, dans le cas d'une mauvaise posture par exemple, ne parviennent plus à se détendre assez

Il n'est pas rare que **des douleurs** soient l'expression d'un épuisement psychique

souvent. Un schéma classique se dessine alors : la musculature fatigue, durcit et devient douloureuse. De nombreuses études prouvent qu'un

raidissement de la nuque ou l'irritation du nerf sciatique peut bel et bien être la conséquence d'un épuisement psychique ; et le risque de souffrir du dos augmente avec le degré d'insatisfaction au travail. Indépendamment de l'état d'usure du rachis, l'état émotionnel semble un paramètre majeur dans la récurrence du mal de dos. Selon les experts, les sujets sensibles au stress, enclins à la dépression ou anxieux, ceux qui tentent de refouler la douleur ou de l'endurer, sont davantage menacés.

Une souffrance à la fois importante et continue influence la perception du trouble par le cerveau et augmente la sensibilité des cellules nerveuses. A la longue, une faible stimulation suffit à les faire réagir. Elles envoient alors des signaux douloureux au cerveau, parfois même lorsque la cause originelle du mal a disparu. Des chercheurs ont constaté, dans l'Allemagne réunifiée, précieux terrain d'études épidémiologiques, que l'environnement socioculturel peut aussi influer sur la perception qu'une personne a d'une pathologie. Voilà qui expliquerait que les Allemands de l'Est ont fini par



Lorsque la musculature du dos est vigoureuse, le fait de le solliciter par des efforts lourds n'est pas un problème ; c'est le cas en patinage de vitesse par exemple, une activité qui fait travailler les disques de la région lombaire, en raison de la position inclinée du patineur.

être aussi nombreux que ceux de l'Ouest à se plaindre de leur dos, dix ans après la réunification. Au moment même de la chute du Mur, ce type de douleurs était moins répandu dans l'ex-RDA où il n'était pas considéré comme un problème médical. On suppose qu'en plus de l'augmentation du stress au travail, l'omniprésence du sujet «mal de dos» dans les médias et les cabinets médicaux expliquent l'inflation de ces souffrances à l'Est au cours des années 1990.

L'imagerie médicale joue sans doute un rôle encore plus déterminant et pernicieux dans le ressenti du patient. Les modifications de la colonne vertébrale apparaissant inévitablement à la radiographie ou l'IRM sont souvent interprétées comme pathologiques. Parce que les patients s'attendent à un diagnostic plausible et clair, et que les médecins cherchent à montrer des résultats sans ambiguïté, et ce en dépit de symptômes non spécifiques.

IV. Les thérapies

Comment remédier au mal de dos et choisir les bons traitements

Aucune autre pathologie ne bénéficie sans doute d'une si large palette de traitements que le mal de dos «non spécifique», c'est-à-dire sans cause biologique connue. Médecins et thérapeutes peuvent recourir à plus de soixante médicaments, une centaine de techniques manuelles, plus de vingt types d'injections dont des anesthésiants locaux et des corticoïdes. Ils emploient aussi diverses techniques de physiothérapie, notamment par courant électrique, et au moins neuf psychothérapies différentes. Ajoutez à cela une multitude de méthodes alternatives, dont l'acupuncture, qui a fait ses preuves contre la douleur.

Plus souvent liés à des problèmes musculaires qu'à la colonne vertébrale, les maux de dos «non spécifiques» ne nécessitent pas de traitement lourd. Une étude publiée en mai 2013 dans l'*«European Spine Journal»* par l'équipe du professeur Claus Manniche (université du Danemark du Sud, Odense) montre que 40 % des lombalgies chroniques avec hernie discale seraient dues à la présence de *Propionibacterium acnes*. Cette bactérie, impliquée aussi dans l'acné, a été détectée par biopsies dans la colonne vertébrale de patients allant subir une opération pour une hernie discale, souffrant depuis plus de six mois et montrant des images IRM caractéristiques. Le rôle de la bactérie a été démontré par une seconde étude évaluant l'effet sur la souffrance d'un traitement antibiotique vs placebo. Les patients traités par les médicaments avaient moins souvent mal, et lorsqu'ils avaient mal, la douleur était moins intense et continuait à diminuer un an après le traitement. Un effet retard lié au temps nécessaire •••

Kai Weiser, Atlas d'anatomie Pratique, www.kaiweiser.de



Quand le disque se déchire

Les disques (en coupe transversale très simplifiée) sont les voisins immédiats de la moelle épinière d'où partent de chaque côté les nerfs spinaux (en jaune). Quand l'anneau fibreux qui entoure le noyau du disque se déhydrate et se déchire, la masse gélatineuse peut s'échapper et appuyer sur les nerfs (au milieu), ce qui déclenche de fortes douleurs. Le liquide du noyau peut aussi compresser le canal de la moelle épinière (en bas) et, dans certains cas, induire une paralysie.

L'ÉVOLUTION de la colonne vertébrale

Il y a plus d'un demi-milliard d'années, notre axe central est apparu sous sa forme primitive. Depuis, cette structure n'a cessé d'évoluer, mais sans radicalement changer.

Le principe de construction de notre colonne vertébrale a donné son nom à l'embranchement dit des «vertébrés» : plus de 50 000 espèces, du colibri de quelques centimètres à la baleine bleue, longue de trente mètres, stabilisées par un axe central osseux. Sans lui, les poissons ne pourraient pas nager, les oiseaux s'en-voler, ni la plupart des animaux terrestres se déplacer.

Le principe de la colonne vertébrale est si efficace que sa structure fondamentale a peu changé au cours de centaines de millions d'années. Il y a environ 530 millions d'années, la structure longiligne, pas encore segmentée, ressemblait à une tige souple traversant le corps fuselé (trois centimètres de long) de l'ancêtre marin des vertébrés. Cette tige, la chorde dorsale (du latin «chorda», corde, et «dorsum», dos), faite de grosses cellules entourées de tissu conjonctif ferme, permit un nouveau type de déplacement efficace dans l'eau, l'ondulation latérale. Comparés aux vers, aux escargots et aux arthropodes, eux aussi marins à cette période, nos lointains parents devinrent de très bons nageurs : un avantage décisif dans un environnement hostile. Au cours des millions d'années qui suivirent, ces premiers êtres se sont transformés en poissons, les uns pas plus gros qu'une main, d'autres allant jusqu'à un mètre de long. Certains ont développé, entre la chorde dorsale et les muscles voisins, des vertèbres osseuses leur conférant encore plus de stabilité et de souplesse.

Sur ces dernières, des excroissances (apophyses) permirent à des faisceaux musculaires de plus en plus robustes de s'accrocher. La colonne vertébrale, telle qu'elle se développa ensuite, donna à ces animaux un tronc largement fortifié. Et facilita leur croissance. Contrairement aux arthropodes - qui se débarrassent de leur carapace régulièrement trop étroite -, les poissons primitifs grandissaient vite sans avoir à muer. Un facteur qui contribua au succès des vertébrés.

Puis, il y a environ 350 millions d'années, certains se sont transformés en amphibiens et lancés à la conquête de la terre ferme. La colonne vertébrale adaptée à une vie aquatique sans pesanteur dut évoluer pour résister à des charges jusque-là inconnues. Lorsque les premiers amphibiens tétrapodes se mirent

à utiliser leurs nageoires ventrales pour marcher, leur axe uniformément souple dut se rigidifier par endroits et gagner en flexibilité à d'autres. Tel le bassin, petit et non relié au squelette chez les poissons, qui se fit plus massif et, au cours du temps, se souda peu à peu à la colonne vertébrale. Ainsi, le corps ne s'affaisait plus entre les pattes arrière qui, devenues plus fortes, pouvaient relever le tronc du sol et faciliter le déplacement.

LA CEINTURE SCAPULAIRE SE SÉPARA DU CRÂNE tandis que les vertèbres reliant les épaules à la tête gagnaient en mobilité. Les premiers animaux terrestres pouvaient ainsi tourner la tête avant de lancer leur corps vers une proie. De plus, la séparation entre crâne et épaules évitait que, à chaque pas, le choc se répercute dans la tête. Les vertébrés étaient alors armés pour conquérir les continents. A partir de là, l'anatomie de la colonne vertébrale ne subit plus que de légères modifications.

Certains reptiles qui ressemblaient à des lézards, descendant d'amphibiens il y a 300 millions d'années, développèrent de grandes cervicales, donc un très long cou apte à la rotation. Chez les oiseaux, apparus il y a plus de 150 millions d'années à partir d'un groupe de dinosaures, plusieurs vertèbres du tronc se soudèrent, leur offrant un dos rigide et court, et une économie d'énergie en vol. Et il y a environ 200 millions d'années, les mammifères apparurent à partir d'un groupe de reptiles, avec un nombre



Le rachis stabilise le corps de plus de 50 000 espèces animales (ici le guépard) composant l'embranchement des vertébrés.

Editions Xavier Barral / Patrick Gries / Muséum National d'Histoire Naturelle

déterminé de vertèbres : sept cervicales, que le cou soit court comme chez le dauphin ou aussi long que celui d'une girafe, douze à vingt vertèbres thoraciques et cinq à sept lombaires.

Du point de vue de l'évolution, le dos a donc fait ses preuves durant des millions d'années. Même l'adoption de la station debout par nos ancêtres, il y a environ sept millions d'années, n'a pas nécessité sa modification. Le dos est aussi adapté au déplacement à quatre pattes que sur deux jambes. Les nombreux maux de la colonne vertébrale ne sont donc pas liés à une erreur de l'évolution, comme on l'a longtemps supposé. Au contraire: en station debout, notre axe central nous donne l'extraordinaire mobilité du haut du corps qui fait de nous l'un des êtres les plus agiles qui soit sur notre planète. *Sebastian Witte*

Mémo : LE MAL DE DOS

●●● pour que la structure osseuse guérisse. Malgré l'incertitude des diagnostics, les médecins ont tendance à intervenir de manière radicale, et ce d'autant plus qu'ils constatent des altérations liées au vieillissement du squelette.

Dans bien des cas, l'efficacité des opérations courantes – ablation de disque intervertébral, remplacement par une prothèse discale, consolidation ou soudure définitive de deux vertèbres entre elles (arthrodèse) est discutable, car elle n'a pas été prouvée et les conséquences négatives l'emportent souvent sur les bénéfices. Ainsi, en plus des risques d'infection et de réaction immunitaire à une prothèse, du tissu cicatriciel peut se former et irriter les nerfs en contact avec la colonne vertébrale. Les douleurs qui persistent après une opération du rachis ont même, à présent, une dénomination dans la littérature médicale : le «failed back surgery syndrome» (FBSS), ou syndrome de l'opération du dos qui a échoué. Une intervention sur un système du corps humain aussi sensible est donc à conseiller uniquement lorsque le diagnostic est précis.

Pour tous les cas où la cause de la souffrance est indéterminée, à savoir dans la majorité des cas, mieux vaut se tourner vers d'autres méthodes qui ont, malgré leur apparente banalité, fait leurs preuves.

- La patience. Des études comparatives concluent que l'intensité des douleurs aiguës diminue, sans intervention, en quelques semaines, dans 75 % à 90 % des cas.

- La prise sur une courte période de médicaments antalgiques sans ordonnance. Elle évite que le dos se crispe davantage et que la réaction du cerveau aux signaux douloureux s'accroisse.

- L'activité. La mobilité aide à la guérison. Pas besoin d'exercices élaborés : gymnastique, vélo et musculation donnent, d'après les études, des résultats équivalents. A long terme, la meilleure prévention est de renforcer les muscles du dos et du ventre par un entraînement simple mais régulier.

- La réduction du stress. Ce dernier, on l'avu, accroît la perception de la douleur et affaiblit l'ensemble de l'appareil locomoteur.

Si la souffrance persiste au-delà de six semaines, s'il faut sans cesse augmenter les doses de médicaments, si l'on se sent de plus en plus souvent incapable de travailler, d'avoir des contacts avec autrui ou déprimé, il est alors prudent de consulter. Nous sommes là dans la situation où la douleur peut devenir chronique. Pour savoir si ce risque existe, les médecins posent un diagnostic

► Dans 85 % à 90 % des cas, les douleurs sont «non spécifiques», c'est-à-dire qu'aucune cause biologique précise n'a été identifiée.

► Les marques d'usure sur la colonne vertébrale, fréquentes, ne font pas forcément souffrir. Les techniques d'imagerie médicale sont peu adaptées au diagnostic.

► Les douleurs aiguës ont tendance à s'atténuer seules. En restant mobile, on est en général soulagé en quelques semaines.

► Les douleurs chroniques, aux causes souvent multifactorielles, devraient être prises en charge par une équipe pluridisciplinaire.

► Bonne nouvelle. Un patient peut le plus souvent se guérir lui-même.

rapide à l'aide de questionnaires et proposent des traitements adaptés ou bien orientent vers un centre spécialisé dans le traitement de la douleur, car la complexité des douleurs chroniques rend leur évaluation difficile par le seul médecin généraliste. Dans ces structures, des praticiens de différentes spécialités collaborent, rhumatologues, psychologues et autres spécialistes de la douleur. L'équipe, pluridisciplinaire, considère en général que la cause du problème n'est pas unique et traite la souffrance dans sa globalité en élaborant une thérapie individuelle. Celle-ci peut inclure des exercices de musculation, des techniques de

relaxation ou l'acupuncture. Les experts parviennent à trouver de nouvelles voies pour traiter la douleur et, au minimum, de permettre de mieux vivre avec.

Conclusion

La médecine n'a jamais été aussi avancée mais de plus en plus de gens souffrent du dos. Les promesses véhiculées par les techniques modernes pourraient être en partie responsables de cette situation. L'imagerie médicale en effet permet de détecter des affections graves, mais elle amène souvent les médecins à accorder trop d'importance aux problèmes mécaniques du rachis. Et à le considérer comme une machine qui s'entretient en remplaçant des pièces. Côté patient, la tentation est grande de faire confiance au médecin et à sa technologie. Un diagnostic précis assorti d'une proposition claire de traitement, surtout chirurgical, lui donne l'espoir de se débarrasser vite et définitivement de sa souffrance.

Que les techniques d'imagerie et de chirurgie ne puissent remédier au mal de dos n'est pas toujours accepté par les médecins ni par les patients. Pourtant, de plus en plus d'études montrent que, contre la douleur, les méthodes douces sont souvent efficaces. Sans aller jusqu'à espérer une amélioration facile et rapide, ceux qui souffrent du dos doivent quitter le rôle passif du patient, prendre en main eux-mêmes l'amélioration de leur bien-être et interroger leur état émotionnel. Elles peuvent commencer par le jogging, le yoga ou la musculation, qu'il importe, du moment que le dos se met en mouvement. Voilà quelques vérités simples et encourageantes. Même si elles peuvent aussi paraître inconfortables □

Sebastian Witte est rédacteur. **Tim Wehrmann** est illustrateur dans l'équipe de «GEO kompakt». **Karl Wesker** est peintre et illustrateur à Berlin.

EN CHIFFRES Biceps et calories...

0,000000007 - 0,000000015

MÈTRE, voici la largeur des moteurs de notre corps : des fibres très fines composées essentiellement de **FILAMENTS DE MYOSINE ET D'ACTINE**, deux protéines essentielles pour la contraction musculaire.

15

CENTIMÈTRES, c'est la longueur des fibres musculaires du **BICEPS**.

18

POUR CENT des **GARÇONS ÂGÉS DE 14 À 17 ANS** sont incapables d'enchaîner plus de deux pas à reculons en équilibre sur une poutre large de trois centimètres. Chez les filles, cette proportion est de 15 %.

12

SEMAINES D'ENTRAÎNEMENT régulier suffisent pour que l'on observe chez une personne non sportive une amélioration de 10 % de ses capacités physiques.

12,27

MÈTRES par seconde : telle est la vitesse maximale atteinte par le coureur jamaïcain **USAIN BOLT** lorsqu'il a battu le record mondial du 100 mètres en 2009. Soit plus de 44 km/h.

0,03

SECONDE suffit aux fibres musculaires les plus rapides du corps, les **FIBRES BLANCHES**, pour se contracter à l'arrivée d'un signal nerveux.

580 000

CELLULES MUSCULAIRES composent les deux chefs formant le **BICEPS**.

70

POUR CENT D'ÉNERGIE dépensée **EN MOINS** si on marche au lieu de courir la même distance.

5300 000

1000 par kilomètre, c'est le nombre de **FOIS** que le pied d'un **COUREUR** entre en contact avec le sol. L'impact correspond alors à une **FORCE ÉQUIVALENT** à trois à quatre fois le poids du corps.

1 610

KILOGRAMMES peuvent être supportés par les vertèbres lombaires d'une personne pesant 70 kilos. Un saut depuis une hauteur de 50 centimètres équivaut déjà à une charge de 1 610 kilos sur ces vertèbres situées dans la partie inférieure de **LA COLONNE VERTÉBRALE**.

La vitesse maximale d'un cycliste ? Le temps de contraction des muscles ? Le nombre de pores sécrétant de la sueur ? Quelques données étonnantes illustrent les capacités physiques de l'homme.

90000000

C'est le nombre de **PAS** effectués par un homme au cours de **SON EXISTENCE**.

180

OS DU SQUELETTE humain (soit environ 85 % de celui-ci) sont impliqués directement dans des **MOUVEMENTS DU CORPS** aussi basiques que lever un bras, saisir un objet avec la main ou écarter les doigts.

46

POUR CENT de plus pour la densité osseuse chez les **HALTÉROPHILES PROFESSIONNELS** (par rapport aux sportifs de loisir). L'effort extrême fourni pour soulever les haltères stimule la fabrication de la matrice osseuse.

371

CALORIES sont brûlées en **UNE HEURE DE SKI ALPIN** par une personne pesant environ 70 kilos, soit la même quantité calorique que celle fournie par la consommation de trois bananes.

10000

KILOJOULES sont consommés par une personne lorsqu'elle court un **MARATHON** à une vitesse moyenne de 16 km/h. Cela correspond à la valeur énergétique de **QUATRE TABLETTES ET DEMIE DE CHOCOLAT AU LAIT**.

75

KM/H. C'est la vitesse que peut atteindre un homme sur un vélo de course professionnel à la seule **FORCE DE SES MUSCLES**.

35

POUR CENT. C'est la proportion supplémentaire de globules rouges dont dispose un individu pratiquant un sport d'endurance. Chez les sportifs de haut niveau, cette proportion additionnelle atteint 55 %. **LES GLOBULES ROUGES** transportent l'oxygène jusqu'aux cellules.

500000000

EUROS. C'est la somme dépensée chaque année pour les indemnités journalières liées à des arrêts de travail, sur les 1,5 à 2 milliards que coûtent annuellement **LES LOMBALGIES**.

2000

FIBRES MUSCULAIRES sont activées par une seule cellule nerveuse lors de la contraction du volumineux quadriceps de la cuisse. Dans le cas de mouvements plus minimes, tels que les mimiques du visage, **UNE CELLULE NERVEUSE** n'active que dix fibres musculaires.

2500

MILLILITRES peuvent être éliminés en une heure sous forme de **SUEUR** lors d'un effort physique particulièrement intense.

200

LITRES D'AIR sont inspirés et expirés lors d'un **EFFORT INTENSE** en une minute par une personne bien entraînée. Au repos, ce volume se réduit à seulement six à huit litres d'air.

C'est le pourcentage **DE LA MASSE**

MUSCULAIRE qui disparaît par décennie au cours de notre vie à partir de nos 25 ans, sauf si l'on combat cette fonte par un entraînement ciblé.

4

Les doigts, bien que souples et sensibles peuvent, grâce à leur anatomie complexe, devenir extrêmement puissants et résistants. La peau est parsemée de milliers de récepteurs capables d'explorer l'environnement en détail.

Au total, l'homme possède avec la main, capable de sentir et d'agir, un «instrument» universel. Et idéal pour pratiquer une grande variété de sports.

Par **Alexandra Rigos, Henning Engel, Jörn Auf dem Kampe**
(traduction : Emmanuel Basset) et **Bryan Christie** (illustrations)

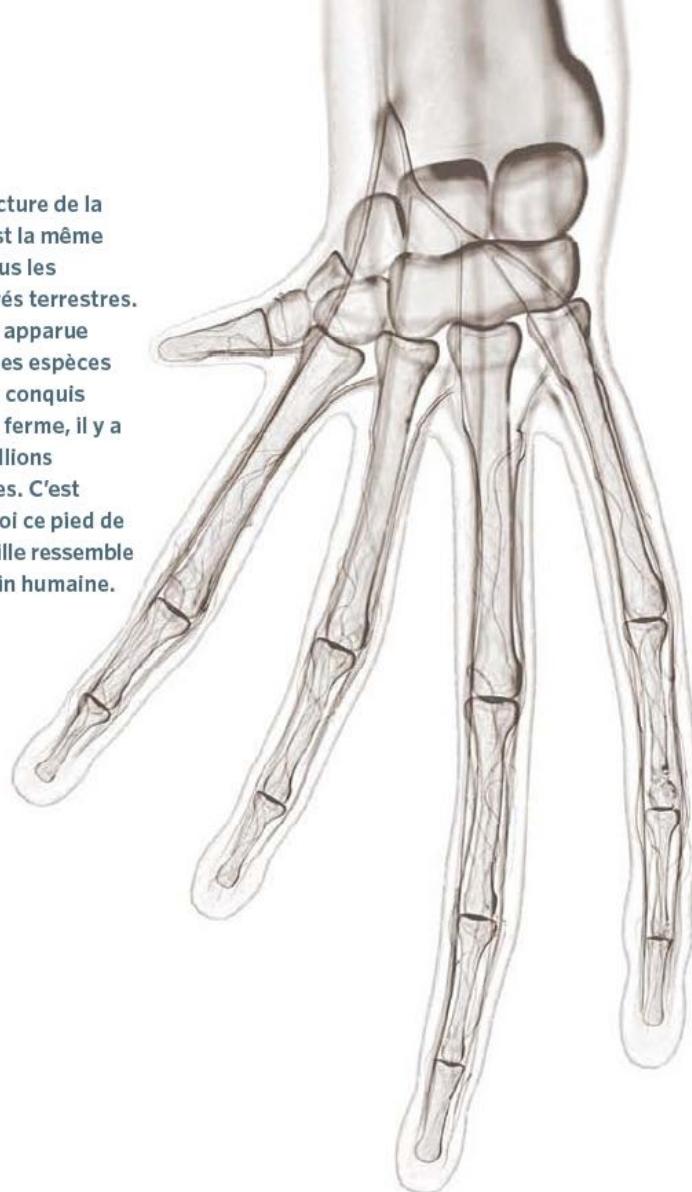
Un miracle d'intellige



nce

Grâce à ses 27 os et ses 36 articulations, notre main est très mobile. Elle est pilotée par un réseau de ligaments, de muscles et de tendons dont une partie est située en amont, surtout dans l'avant-bras.

La structure de la main est la même chez tous les vertébrés terrestres. Elle est apparue quand les espèces avaient conquis la terre ferme, il y a 400 millions d'années. C'est pourquoi ce pied de grenouille ressemble à la main humaine.



Adam Ondra, en ce jour d'octobre 2012, est au pied d'une falaise de cinquante-cinq mètres de haut qui a la particularité d'être très fortement inclinée vers l'avant.

Elle fait partie de la grotte Hansehella-ren, un ensemble de voûtes rocheuses situé à Flatanger, en Norvège, haut de 150 mètres et large de 400, offrant un surplomb de 100 à 150 mètres.

Le Tchèque, âgé de 19 ans, compte parmi les meilleurs spécialistes d'escalade libre au monde. Il relève là un des défis les plus difficiles de sa vie : escalader un mur dont personne n'est jamais venu à bout. Le jeune homme veut y

parvenir aujourd'hui, notamment grâce à la force et à l'agilité de ses doigts. Il plonge tout d'abord les mains dans une poche pour les recouvrir de magnésie. Elles auront ainsi plus de prise sur la pierre lisse. Il les place ensuite dans l'une des failles de la roche, se hisse vers le haut, s'assure avec les pieds et débute son ascension.

Alors qu'il n'a gravi que quelques mètres, Adam Ondra se retrouve dos au sol, sous une falaise en fort surplomb. D'un coup de pied il se dégage de la paroi et, pendant une fraction de seconde, sa seule main gauche supporte tout le poids de son corps : soixante kilos au bout des doigts. De la main droite, il atteint une minuscule saillie de granit. Il s'y cramponne, puis ses pieds trouvent eux aussi un appui. Il peut alors libérer

sa main gauche et attraper, en un éclair, une corde suspendue à sa ceinture, qu'il fixe – toujours avec l'adresse de l'alpiniste chevronné – dans un crochet de sécurité installé là au cours d'une précédente tentative.

Quelques instants plus tard, Adam Ondra positionne son pouce et son index en forme de pince pour aller attraper une nervure de la roche. Puis ses doigts explorent une fissure éloignée d'un mètre qu'il ne peut pas voir : il cherche à savoir si la surface est assez inégale pour y trouver de quoi s'agripper.

Après quelques minutes d'ascension, le jeune Tchèque atteint un passage qu'il n'a jamais réussi à dépasser lors de ses précédentes tentatives : une saillie extrêmement forte qui, pour être franchie, nécessite à la fois une force et une agilité exceptionnelles. Car à cet endroit, seule une minuscule rainure dans la pierre peut servir de prise. Il doit y placer deux doigts et, en faisant peser sur eux tout son poids, se hisser d'un seul coup.

LA MAIN fait plus de mouvements différents que n'importe quelle **PARTIE DU CORPS**

Ce jour-là, pour la première fois, ses doigts, dont il se sert tantôt pour se retenir à des prises, tantôt pour reconnaître la surface de la rainure, ne faiblissent pas à ce moment crucial. Il finit par franchir le passage. Adam Ondra escalade ensuite le reste de la falaise. Il vient de réussir l'épreuve la plus difficile qu'il pouvait imposer à ses mains.

C'est cette double fonction – d'une part puissant appareil de saisie, de l'autre organe du toucher extrêmement fin – qui fait toute la spécificité de la main. Elle est un outil unique en son genre, capable des plus grands exploits, et qui permet de réaliser une panoplie de mouvements plus importante que n'importe quelle autre partie du corps.

Tout aussi étonnante est d'ailleurs la diversité des tâches qu'elle est en mesure d'accomplir. Un joueur de tennis tient sa raquette si fermement et selon une technique si précise qu'il peut arriver, quand il sert, à envoyer la balle à plus de 200 km/h. Parce qu'il sait moduler à merveille la puissance de ses gestes, un pianiste pourra jouer aussi bien le pianissimo le plus mélancolique que le staccato le plus éclatant. Un médecin expérimenté saura diagnostiquer une maladie des organes internes simplement en palpant son patient. Et c'est grâce à la minutie de ses coups de marteau qu'un orfèvre transforme le métal en chef-d'œuvre de finesse.

Les hommes savent également utiliser leurs mains pour émettre des signaux. Les gestes d'une ballerine expriment de mystérieuses émotions, et les sourds-muets communiquent grâce à la langue des signes avec autant de clarté et de nuances que les autres hommes.

ON PREND CONSCIENCE des ressources exceptionnelles qu'offre cette partie du corps quand on la compare aux organes équivalents des autres animaux. Les jambes avant d'un cheval sont spécifiquement adaptées à la course ; les nageoires de la baleine l'aident avant tout à se déplacer dans l'eau ; la taupe, elle, n'emploie ses pattes que pour creuser des galeries dans le sol. Seule la main humaine est donc un instrument réellement universel.

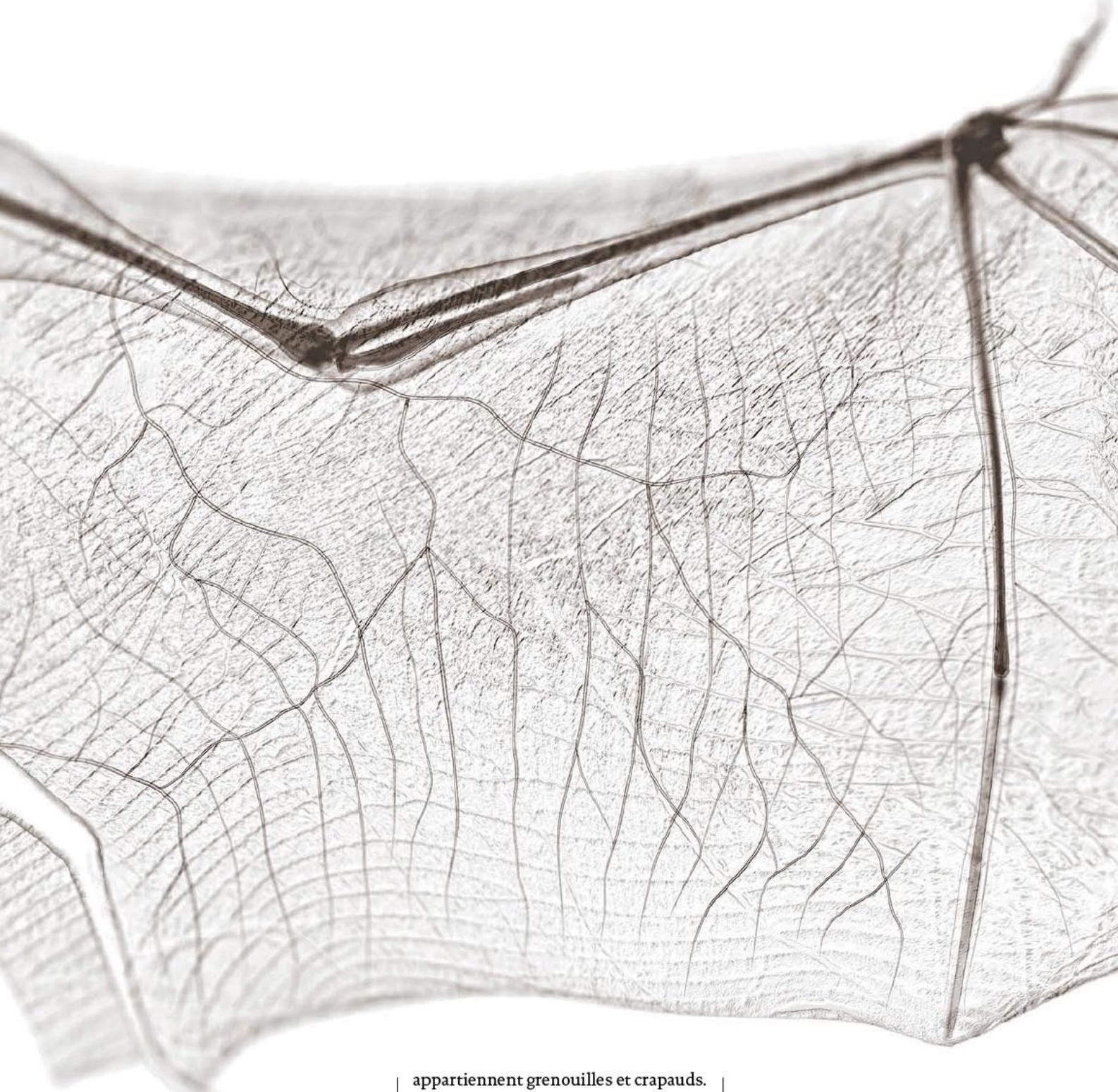
Mais comment cet organe qui permet à l'homme de saisir et de palper, l'aïtant à réaliser les exploits les plus incroyables, est-il apparu au fil de l'évolution ?

Quelles sont les différentes étapes qui ont mené à sa formation ?

Pour répondre à ces questions, il faut regarder très loin en arrière. L'histoire de la main commence en effet il y a au moins 400 millions d'années. Au moment précis où la vie est sur le point de franchir un pas décisif : la conquête de la terre ferme. C'est à ce moment-là que l'on vit apparaître pour la première fois chez les tout premiers poissons des membres très curieux : des nageoires renforcées par une armature osseuse, ressemblant presque à des pagaies, grâce auxquelles les poissons s'aventuraient de plus en plus loin hors de l'eau. Avec le temps, ces nageoires armées devinrent des os robustes, à même de résister à la pression de la pesanteur.

C'est ainsi que les premiers explorateurs terrestres – des animaux relevant à la fois du poisson et de l'amphibien – commencèrent à se doter de ce que seront plus tard les pattes et les pieds. Ils sont considérés comme les ancêtres de tous les vertébrés terrestres, embranchements qui comprend les grenouilles, les lézards, les rats, les chats, les singes et l'homme. Jusqu'à ce moment-là, les vertébrés étaient tous construits selon un schéma universel à quatre pattes. Mais au cours des ●●●





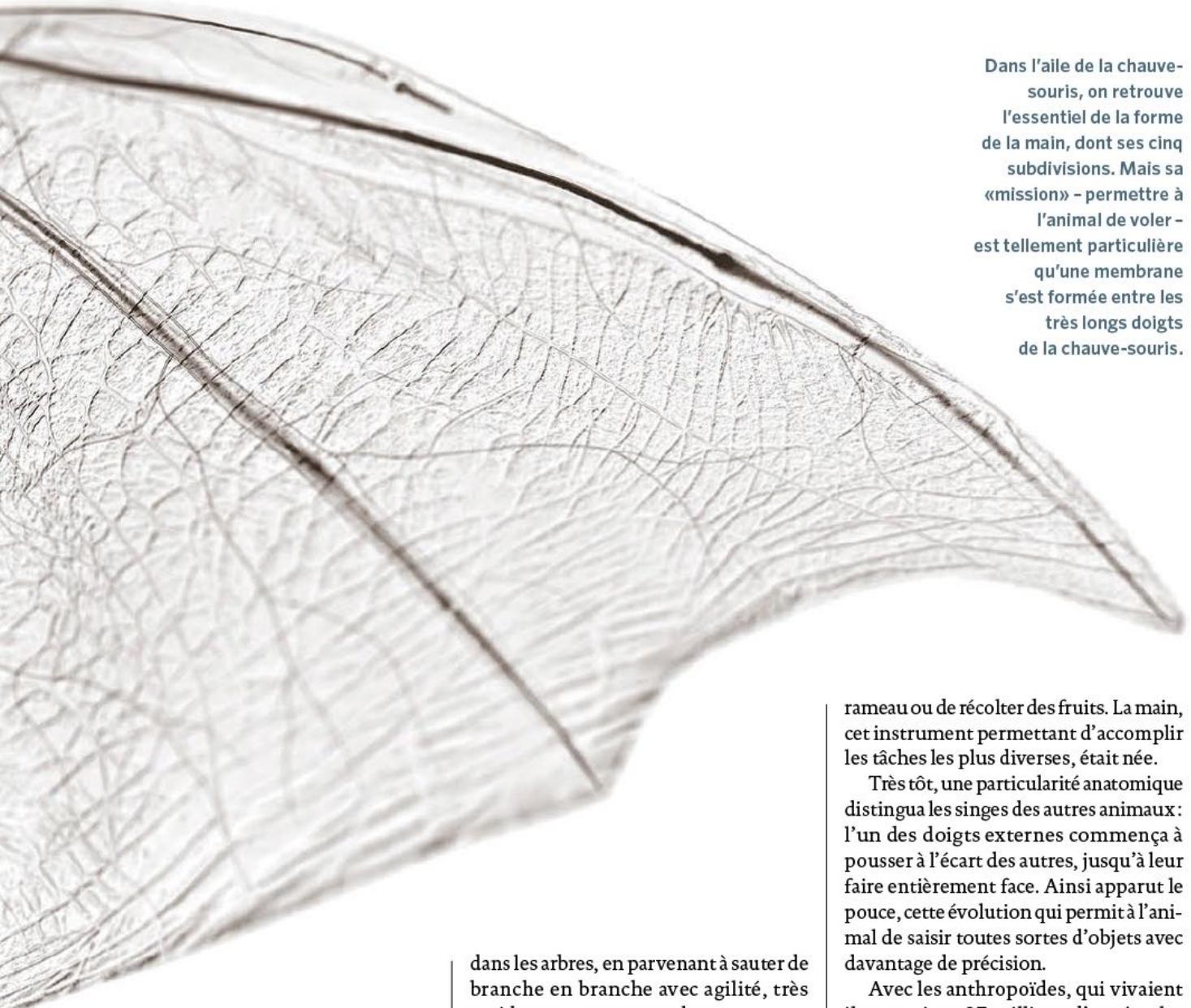
●●● millions d'années qui vont suivre, l'évolution fera apparaître un très grand nombre de variantes, à partir de ce modèle original.

Chez certains êtres vivants, les pattes avant se transformèrent complètement. Il y a 250 millions d'années, des mains assez fines et même des doigts apparurent chez les anoures, un ordre auquel

appartenaient grenouilles et crapauds. Les dinosaures, eux, possédaient déjà des sortes de bras et de puissantes griffes pour attraper leurs proies. Enfin, il y a 150 millions d'années, les premiers oiseaux préhistoriques remplirent peu à peu le ciel grâce à leurs ailes structurées autour d'un axe osseux. Mais c'est il y a seulement 65 millions d'années environ, au moment où les dinosaures qui dominaient jusqu'alors le monde terrestre s'éteignirent progressivement, que

débuta un processus d'évolution décisif au bout duquel apparut finalement la main humaine. Un chef-d'œuvre mécanique à la flexibilité incomparable.

En ce temps-là, des espèces de singes préhistoriques vivaient dans les broussailles des forêts. Avec la disparition des dinosaures, ils purent commencer à vivre «librement». Maintenant qu'ils ne risquaient plus d'être dévorés par ces



Dans l'aile de la chauve-souris, on retrouve l'essentiel de la forme de la main, dont ses cinq subdivisions. Mais sa «mission» - permettre à l'animal de voler - est tellement particulière qu'une membrane s'est formée entre les très longs doigts de la chauve-souris.

redoutables prédateurs, ils se mirent à parcourir les arbres en plein jour, notamment pour y cueillir des fruits. Pour s'adapter à cette nouvelle vie dans les branchages, nos ancêtres durent développer des fonctions qui n'étaient en fait que la préfiguration des prouesses que la main humaine serait capable de réaliser bien des millions d'années plus tard.

Au fil du temps, les singes améliorèrent notamment leur perception de l'espace, ce qui ne cessa d'accroître la dextérité de leurs mains. Il leur fut peu à peu beaucoup plus facile de se déplacer

dans les arbres, en parvenant à sauter de branche en branche avec agilité, très rapidement, et sans tomber.

MAIS LE PLUS IMPORTANT est la transformation progressive de la physionomie des membres. Les griffes devinrent des ongles plats, et les pattes, qui autrefois ne servaient qu'à courir, évoluèrent pour permettre de saisir un

rameau ou de récolter des fruits. La main, cet instrument permettant d'accomplir les tâches les plus diverses, était née.

Très tôt, une particularité anatomique distingua les singes des autres animaux: l'un des doigts externes commença à pousser à l'écart des autres, jusqu'à leur faire entièrement face. Ainsi apparut le pouce, cette évolution qui permit à l'animal de saisir toutes sortes d'objets avec davantage de précision.

Avec les anthropoïdes, qui vivaient il y a environ 27 millions d'années, les doigts avaient encore gagné en habileté. Ces primates savaient déjà pincer, c'est-à-dire opérer un contact extrêmement délicat entre le pouce et l'index. Mais c'est seulement quand le singe se transforma en homme que la main atteignit la perfection qu'on lui connaît aujourd'hui. ●●●

Grâce à **CETTE MÉCANIQUE**, le singe s'est adapté à **LA VIE ARBORICOLE**



CES TENDONS QUI ACTIONNENT NOS DOIGTS

De puissantes courroies de transmission, les tendons, relient l'avant-bras aux doigts et plient ces derniers lorsque le muscle correspondant, lui aussi situé en amont, se contracte. Des ligaments ordonnés en cercle et en croix maintiennent le tendon contre l'os, de telle sorte que le doigt se plie dès que le muscle tire dessus. A l'intérieur des articulations, des cartilages limitent les frictions lorsque les os, dont les extrémités se touchent, se déplacent les uns par rapport aux autres.



Karl Wester, Atlas d'Anatomie Promethée, www.promethae.de

●●● On peut diviser cette évolution en deux phases. La première commence quand l'homme se mit à marcher debout, il y a 7 millions d'années environ. Les pattes avant devinrent alors complètement libres et purent se consacrer exclusivement à toutes les tâches qui ne sont pas liées prioritairement au déplacement. Elles se transformèrent alors à la fois en outil de fabrication, en organe sensoriel et en moyen de communication.

A la fin de cette première étape, l'anatomie de la main s'était significativement modifiée : le pouce était maintenant aussi long que l'index. Les hommes préhistoriques étaient désormais capables de former une véritable pince, et donc d'attraper les objets plus facilement que les anthropoïdes, dont le pouce était encore nettement plus court.

La deuxième phase débute il y a environ 2,5 millions d'années. Elle correspond à une mutation importante des conditions climatiques qui rendit nécessaire pour les hommes préhistoriques d'inventer de nouvelles stratégies afin de survivre. Si nos ancêtres réussirent à s'adapter, c'est entre autres parce que le



Byan Christie Design

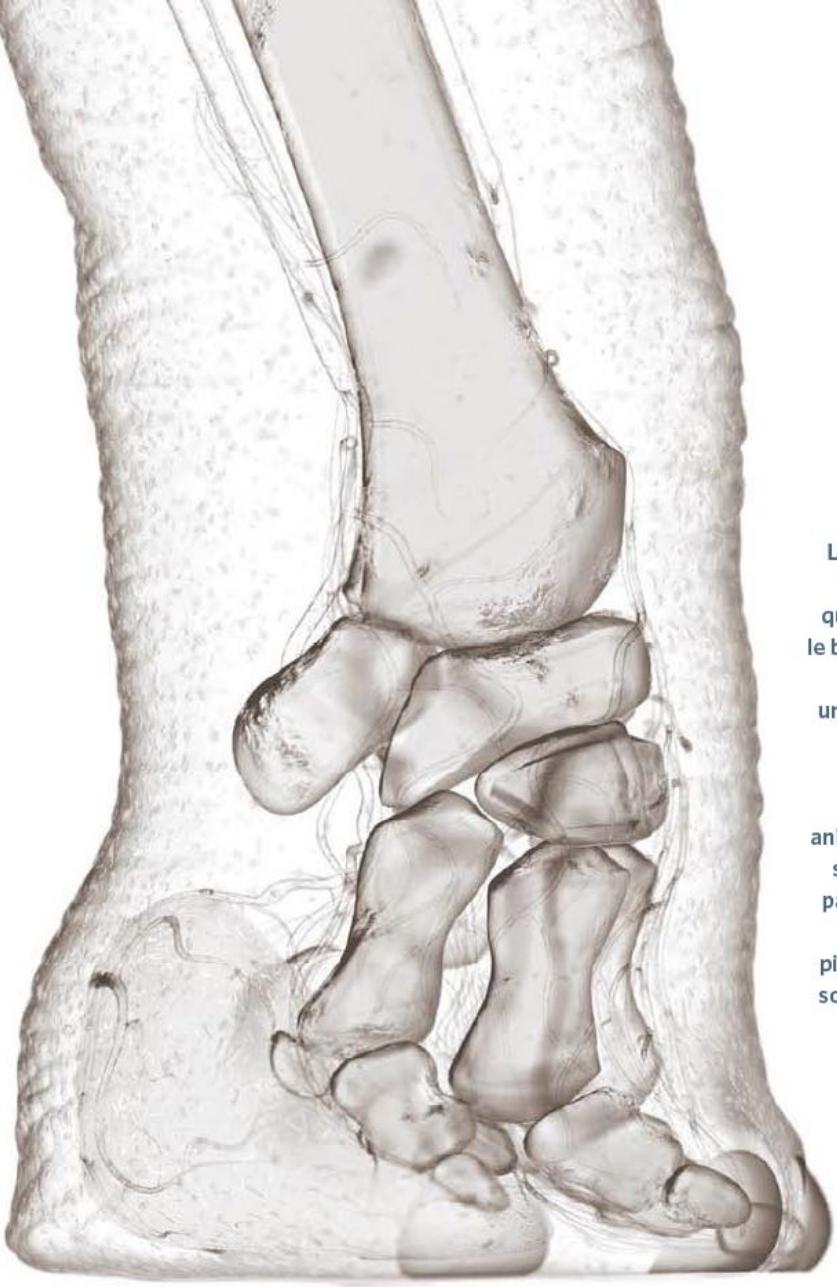
maniement des outils leur permit de trouver de nouvelles sources d'alimentation. Ils se mirent à manger plus de viande, et leur nourriture devint globalement plus riche en protéines.

C'est alors que démarra un processus décisif : l'influence de la main sur le développement du cerveau. Et réciproquement. Afin d'exploiter de façon optimale le potentiel de sa main, l'homme avait besoin de capacités intellectuelles plus développées. En d'autres mots : les circuits neuronaux cérébraux se modifièrent et s'ordonnèrent différemment. Le cerveau lui-même vit son volume croître très rapidement, et la faculté de l'homme à utiliser ses mains pour des tâches plus complexes ou pour construire des outils de plus en plus sophistiqués s'en trouvait dès lors décuplée. Grâce à ce processus de stimulation réciproque, l'utilisation de la main devint davantage efficace et variée. Ce membre était désormais susceptible de remplir des missions de plus en plus difficiles.

Ce fait de disposer d'une main toujours plus agile simplifia les opérations les plus ardues. Alors que les hommes préhistoriques ne se servaient des pierres que comme grattoirs ou comme projectiles rudimentaires, leurs descendants eurent la bonne idée de les fixer au bout de bâtons de bois, donnant ainsi naissance à des lances et des haches.

Chez le chat, la patte avant est adaptée à la chasse et aux déplacements rapides et agiles. Les quatre doigts armés de griffes rétractiles peuvent agripper une proie ou un objet. La griffe du pouce est un crampon supplémentaire.

Il fallait maintenant organiser les différentes phases de la production des outils pour gagner en efficacité. Les régions cérébrales qui sont en charge de l'organisation et de la coordination des actions dans le temps furent donc à leur tour davantage sollicitées. Les nouvelles compétences de la main et du cerveau permirent à l'homme de se consacrer à des activités qui ne devaient plus servir exclusivement à sa survie : travailler le métal pour fabriquer des



Bryan Christie Design

bijoux, concevoir des instruments de musique, réaliser de délicates broderies. Progressivement, l'artisanat devenait art.

Et voilà comment la culture est née dans la main de l'homme. Ce membre à la mécanique sophistiquée fut en quelque sorte le moteur du processus de civilisation : sans main, pas d'écriture, pas de technique, pas d'architecture, pas de

chirurgie, pas d'horlogerie, pas d'orfèvrerie. Mais justement : comment expliquer que la main arrive aussi bien à dessiner, boxer, réceptionner une balle, soulever des objets pesants, caresser avec tendresse qu'à enserrer avec force ? Pour accomplir ces différents gestes et mouvements, il faut une coordination parfaite entre les muscles et les cellules

Les pattes avant des éléphants, qui marchent sur le bout des doigts, supportent un poids énorme. C'est la raison pour laquelle les os de ces animaux, bien que spongieux, sont particulièrement robustes, le pied formant une sorte de colonne.

sensorielles, les ligaments et les os, les yeux, les nerfs et le cerveau. Quatre facteurs jouent là un rôle important. Tout d'abord, l'armature anatomique très complexe de la main, composée de nombreux petits os, de tendons, de ligaments et de muscles, lui permet d'être tantôt rigide, tantôt flexible. Ensuite, les cellules sensorielles, notamment celles du toucher, en font un organe d'une grande sensibilité et conduisent au cerveau l'information sur notre position dans l'espace. Troisième facteur : la main a besoin, pour son bon fonctionnement, d'indications venant d'autres organes, tels que les yeux. Enfin, le pilotage cérébral fait en sorte qu'elle réalise bien les innombrables tâches que nous lui assignons chaque jour.

PRENONS LA STRUCTURE ANATOMIQUE D'ABORD.

Une main compte à elle seule vingt-sept os, s'organise autour de trente-six articulations et est animée par trente-trois muscles. Chaque doigt comporte trois osselets, les phalanges. Seul le pouce n'en compte que deux. S'y ajoutent, pour chaque main, cinq os métacarpiens formant la paume, et huit carpiens du poignet, qui possèdent, en raison de leur forme différente, des noms aussi étranges que «scaphoïde» et «lunatum». Plus du quart de tous les os présents dans le corps d'un adulte se trouvent dans ses mains.

Un maillage complexe de tendons et de ligaments relie tous les doigts entre eux et les raccorde en même temps aux os et aux muscles de l'avant-bras. Grâce à ce dispositif, les doigts restent à la fois stables et flexibles, et les muscles dirigent les os. Un détail donne une idée de la complexité de cette construction : presque la moitié des muscles qui actionnent les doigts et leur donnent de la force ne se trouvent pas dans la main, mais dans l'avant-bras. Ils sont reliés par des tendons, et activent les muscles comme ●●●

DE NOUVELLES APTITUDES de la main ont accru les CAPACITÉS CÉRÉBRALES



L'AVANT-BRAS, UN MOTEUR BIEN UTILE

La grande partie de la masse musculaire qui donne sa force à la main se trouve dans l'avant-bras. Grâce aux tendons, les muscles actionnent les différents éléments de la main comme lorsqu'on tire sur une corde. C'est la raison pour laquelle les doigts sont à la fois fins, souples et très puissants.

●●● lorsqu'on tire sur une corde. Certains pour replier les doigts, d'autres pour les tendre. Quantité de muscles sont donc très éloignés de ce qu'ils dirigent. C'est précisément cette disposition très particulière qui fait la richesse de la main, puisqu'elle donne à des organes assez fins, les doigts, la possibilité de mobiliser une force considérable.

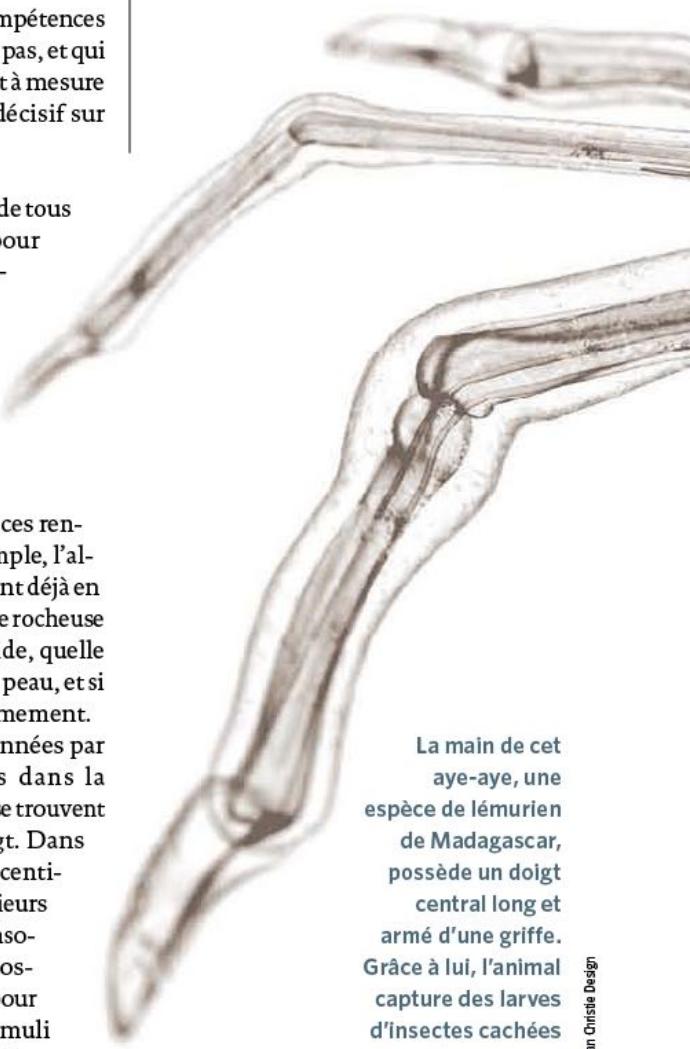
Autre capacité étonnante : la main humaine est suffisamment flexible pour que les doigts se plient jusqu'à former un cercle avec le pouce. C'est ce qui nous permet de tenir le manche d'un marteau avec autant de force – ce que les primates anthropoïdes ne pouvaient pas faire. Mais aussi d'arrondir suffisamment la main pour lancer ou attraper une balle avec précision. Et enfin de manier les armes blanches. Autant de compétences dont les singes ne disposaient pas, et qui ont donné à l'homme au fur et à mesure de l'évolution un avantage décisif sur toutes les autres espèces.

MAIS POUR TIRER PROFIT de tous ces avantages anatomiques, pour diriger cet organe avec précision, le cerveau a besoin de connaître dans quelle direction les doigts se trouvent ou avec quelle force le poing est censé frapper.
C'est le sens du toucher qui fournit une grande partie de ces renseignements : il aide, par exemple, l'alpiniste à savoir si ses doigts sont déjà en contact avec le rebord de la faille rocheuse ou s'ils sont encore dans le vide, quelle pression la pierre exerce sur la peau, et si la main y est cramponnée fermement.

Ces informations sont données par des récepteurs spécialisés dans la détection de la pression, et qui se trouvent à l'extrémité de chaque doigt. Dans cette partie du corps, chaque centimètre carré de peau abrite plusieurs centaines de ces structures sensorielles, bien plus que n'en possèdent les bras. C'est la raison pour laquelle la main perçoit les stimuli tactiles avec beaucoup plus de finesse.

Il existe quatre types de récepteurs tactiles réagissant chacun à un type de stimuli. Ils permettent de sentir la différence entre un léger contact, un pincement et une poignée de main. Certains enregistrent mieux une pression ponctuelle mais durable, tandis que d'autres réagissent davantage à une succession de stimuli se rapprochant donc d'une vibration.

En synthétisant ces diverses sensations, le cerveau parvient à former une représentation de l'objet touché. Il reçoit en outre des informations provenant des cellules sensibles à la température et à la douleur, qui l'aident à affiner encore sa



La main de cet aye-aye, une espèce de lémurien de Madagascar, possède un doigt central long et armé d'une griffe. Grâce à lui, l'animal capture des larves d'insectes cachées sous les écorces.

perception. C'est ce qui aide l'alpiniste à distinguer, sans même y jeter un coup d'œil, le métal dur, froid et lisse qui caractérise le mousqueton, de la corde d'assurance, plus souple et plus rêche.

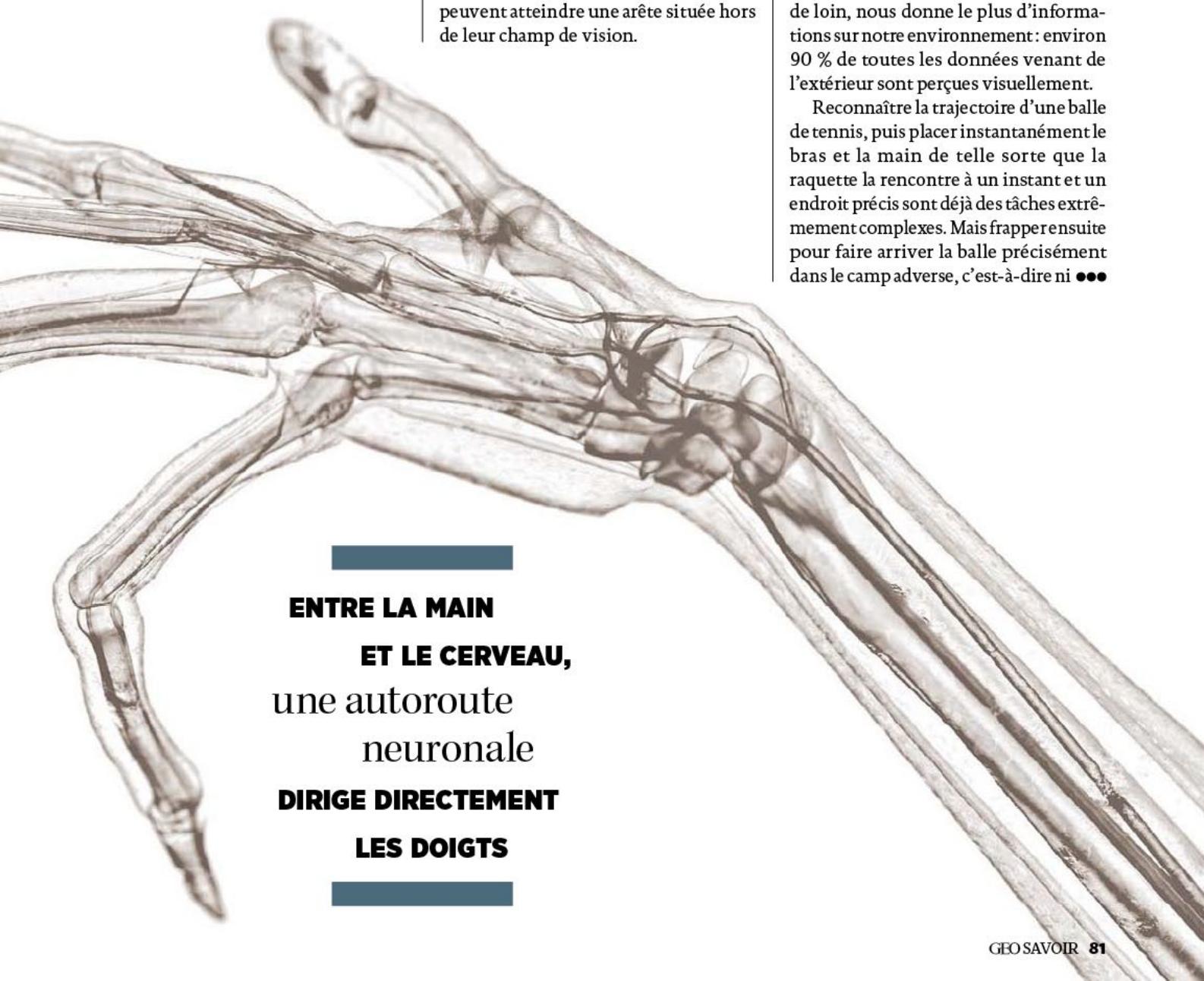
Pour guider les gestes de la main, le cerveau ne peut se contenter des seules données fournies par le sens du toucher. Il doit en plus savoir où se trouve la main dans l'espace, dans quelle direction elle se déplace, et quelle est la position des doigts les uns par rapport aux autres. Sans ces indications, nous serions dans la

même situation qu'un cariste qui doit prendre une cargaison de marchandises au sommet d'un conteneur, mais sans voir exactement où se situe la fourche de son chariot élévateur.

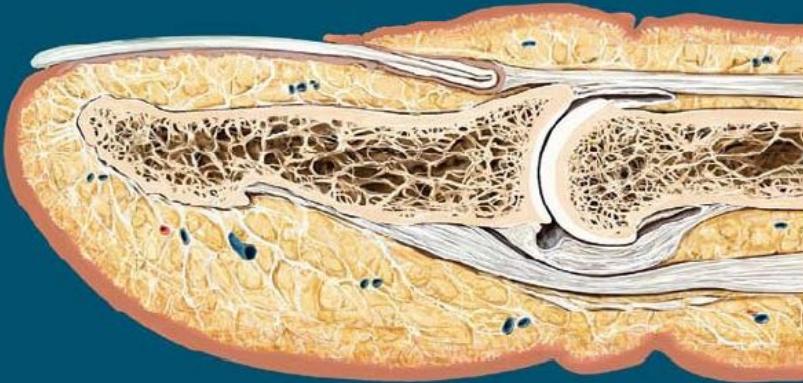
Notre main nous facilite les choses. Ses muscles possèdent des capteurs spéciaux qui enregistrent chaque extension et chaque compression, et nous apprennent à quelle vitesse la situation évolue. Les renseignements envoyés au cerveau lui permettent de calculer l'emplacement des articulations, et de déduire sa position, sa direction et sa vitesse. C'est grâce à cette intelligence que les alpinistes peuvent atteindre une arête située hors de leur champ de vision.

Mais, pour utiliser nos mains exactement comme nous le voulons, le toucher ne suffit pas toujours. Dans bien des situations – par exemple quand nous faisons du sport –, le cerveau a souvent besoin d'autres renseignements, avant tout d'ordre visuel. Dans les sports de raquette, il est déterminant de bien observer son adversaire et de suivre attentivement le mouvement de son instrument. C'est la condition nécessaire pour que la main, en une fraction de seconde, se positionne de façon à attraper la balle ou à orienter la raquette en vue du retour. L'œil est l'organe sensoriel qui, de loin, nous donne le plus d'informations sur notre environnement: environ 90 % de toutes les données venant de l'extérieur sont perçues visuellement.

Reconnaître la trajectoire d'une balle de tennis, puis placer instantanément le bras et la main de telle sorte que la raquette la rencontre à un instant et un endroit précis sont déjà des tâches extrêmement complexes. Mais frapper ensuite pour faire arriver la balle précisément dans le camp adverse, c'est-à-dire ni ■■■



**ENTRE LA MAIN
ET LE CERVEAU,
une autoroute
neuronale
DIRIGE DIRECTEMENT
LES DOIGTS**



Karl Weisser, Atlas d'Anatomie Prométhée, www.karlsruhe.de

UNE SENSIBILITÉ DE POINTE

Sur la face inférieure des doigts, chaque centimètre carré de peau abrite des centaines de récepteurs sensibles au toucher. Elles font de la pointe des doigts un organe très sensible. Sur la face supérieure, l'ongle ne protège pas seulement l'extrémité, mais permet de supporter la pression qui pèse sur elle et renforce ainsi la sensibilité du toucher. Les ongles sont propres aux hommes et à la plupart des singes. Ils se sont formés à partir des griffes qui existaient auparavant à leur place.

●●● dans le filet ni en dehors du court frôle le miracle. Voilà qui n'est possible que lorsque l'homme a appris dès l'enfance à coordonner ses impressions visuelles et le pilotage de ses gestes. Quand un bébé essaie d'attraper sa peluche et que, pendant plusieurs minutes, il contemple, fasciné, le mouvement de sa propre main, ou encore lorsqu'il saisit sa main gauche avec la droite, il est train d'apprendre la coordination de l'œil et de la main. Mais il devra encore s'exercer avant de pouvoir spontanément s'emparer d'une balle au vol.

POUR ACTIONNER SA MAIN aussi rapidement, l'homme a besoin d'une centrale qui rassemble en très peu de temps toutes les informations nécessaires, puis envoie aux muscles les impulsions qui vont l'animer. A cette fin, une sorte d'autoroute neuronale relie les muscles de la main à la partie du cerveau qui commande les actions volontaires, c'est-à-dire celles que nous réalisons consciemment. D'autres parties du corps telles les jambes sont, au contraire, dirigées par une chaîne de commandement plurielle dans laquelle sont impliqués d'autres centres cérébraux ainsi que la moelle épinière. La connexion cerveau-main est donc plus

directe que celle cerveau-muscles des jambes. Ce lien direct avec les centres moteurs cérébraux nous donne en outre la possibilité de bouger les doigts indépendamment les uns des autres, ce que nous ne pouvons pas faire avec nos orteils.

Les bras et les épaules reçoivent eux aussi leurs instructions directement du cerveau. Et c'est la parfaite coordination entre les gestes des bras et de la main qui nous permet d'envoyer une balle précisément là où nous le souhaitons. Certains font même nettement mieux : au base-ball, les excellents lanceurs parviennent, seulement grâce à une pression du doigt et un certain mouvement du poignet, à faire tourner la balle sur elle-même. Ce type de rotation modifie sa vitesse (elle ira plus vite ou plus lentement) ou bien sa trajectoire (plus ou moins incurvée), la rendant

ainsi imprévisible pour le receveur. Réaliser la totalité de ces opérations complexes nécessite un développement extrême de la totalité des zones du cerveau qui commandent la main. C'est également vrai pour celles qui sont en charge des sensations tactiles. Des scientifiques ont découvert que ces régions cérébrales sont particulièrement plastiques et réagissent avec beaucoup de flexibilité à la façon dont nous bougeons nos mains.

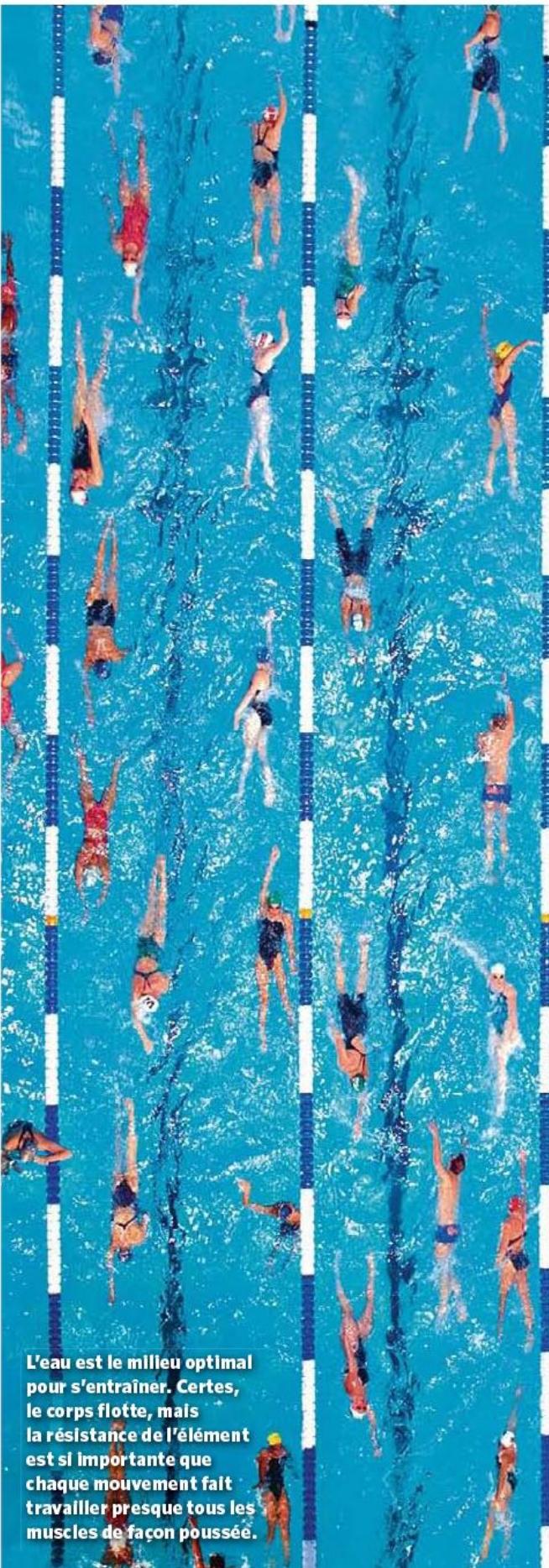
Lorsque nous effectuons, par exemple, des gammes au piano, l'activité des cellules nerveuses augmente sensiblement, et, avec elle, le volume du tissu cérébral. Ainsi, les exercices que nous imposons à nos mains ne font pas que renforcer leurs muscles et étirer leurs ligaments ; ce travail transforme également la structure de notre cerveau. Sans cette adaptabilité, les hommes ne seraient pas en mesure de faire exécuter à un seul organe

autant de prouesses différentes. Qu'il s'agisse de jouer du violon ou de manier avec une extrême délicatesse une loupe et une pince fine pour incorporer de minuscules composants dans le mécanisme d'une montre. Ou encore de déchiffrer les infimes reliefs de l'écriture braille, de diriger le pinceau sur la toile avec suffisamment d'adresse pour réaliser un chef-d'œuvre, ou encore d'atteindre

une cible de quelques millimètres carrés avec une fléchette.

Sans parler de l'exploit qui consiste, à force de puissance et de sensibilité, à gravir la paroi d'une falaise réputée infranchissable. □

Alexandra Rigos est journaliste scientifique à Berlin. Le professeur **Henning Engel** est journaliste permanent au sein de l'équipe de «GEOkompass».



Dossier

BIEN CHOISIR SON SPORT

Course à pied, vélo, natation, ski...

Nos experts vous disent
quelle est l'activité la mieux adaptée
à vos besoins. Et détaillent
l'entraînement idéal pour progresser.

Par Stephan Kneips et Jörn Auf dem Kampe

(traduction : Emmanuel Basset)

Illustrations : Mick Klaack, Eric Tscherne,
Tim Whermann

L'eau est le milieu optimal pour s'entraîner. Certes, le corps flotte, mais la résistance de l'élément est si importante que chaque mouvement fait travailler presque tous les muscles de façon poussée.



Dix conseils de base

A quelle fréquence pratiquer un sport ? Faut-il mesurer ses performances ? Pourquoi les muscles ont-ils besoin de repos après l'effort ? Voici le minimum que le sportif débutant (voire confirmé) doit connaître.

Par Stephan Knieps et Jörn Auf dem Kampe

Le mouvement est le principe fondamental de la vie humaine puisque notre organisme n'est jamais au repos. Même durant le sommeil, le cœur bat environ soixante-dix fois par minute, le diaphragme se soulève de douze à quinze fois, le sang coule à plus de quatre minutes par seconde. Des chiffres qui, en cas d'effort sont poussés à la hausse, preuve que la nature nous a dotés d'un corps corvéable à merci. Mais sur la durée, il ne supporte ces exigences que s'il est entraîné. Or, l'homme est devenu paresseux. Il économise de l'énergie dès qu'il le peut. Aujourd'hui, un Occidental marche de 400 à 700 mètres par jour en moyenne, contre plus de dix kilomètres il y a 100 ans. De même, il y a un siècle, près de 90 % de l'activité économique était liée à un travail musculaire ; ce sont moins de 1 % aujourd'hui. Cette faible sollicitation du corps favorise de nombreuses maladies. Il n'y a donc pas plus sain qu'une pratique régulière et modérée d'un sport, à condition de respecter ces quelques recommandations.

1. Consulter un médecin au préalable

La consultation d'un généraliste ou d'un médecin du sport est conseillée aux débutants ou aux personnes reprenant une activité sportive, à celles souffrant de palpitations ou d'insuffisance cardiaque, de diabète, d'hypertension artérielle, d'obésité, d'une maladie thyroïdienne, de problèmes respiratoires ou de la colonne vertébrale, et aux fumeurs. Il n'est pas superflu de vérifier la résistance et la solidité de l'appareil locomoteur des enfants. Après 40 ans, les sportifs même confirmés doivent faire une visite de contrôle tous les deux ans.

2. Atténuer ses limites progressivement

L'entraînement n'augmente nos capacités physiques que lorsque nous poussons notre corps jusqu'à ses limites. Alors seulement, il est obligé de s'adapter à l'effort requis et devient plus performant. Un débutant doit augmenter progressivement son niveau d'exigence jusqu'à atteindre le niveau de fatigue (mais pas d'épuisement). Avec une pratique régulière, on peut demander beaucoup plus à son corps mais en prévoyant des phases de repos importantes (plusieurs jours d'inactivité après un effort très intense). Ce n'est qu'en se reposant que le corps assimile l'effort qu'il vient de fournir et que sa masse musculaire se développe. La limite au-delà de laquelle le sport

devient dangereux est sujette à débat. Un récent article paru dans le «British Medicine Journal» conclut qu'il allonge l'espérance de vie mais qu'une pratique intensive a l'effet inverse. Des scientifiques américains viennent de démontrer que courir plus de trente-deux kilomètres par semaine est mauvais pour la santé.

3. Adopter le bon rythme

Durée et fréquence dépendent de l'état général. Une courte séance hebdomadaire profite à un débutant. Mais après quelques semaines, il faut accélérer la cadence, en sachant que plusieurs séances brèves et rapprochées sont aussi efficaces que des séances longues et espacées. Plus on progresse, plus il faut pratiquer mais les progrès sont de moins en moins évidents. D'où l'utilité de varier les activités, et d'effectuer de temps en temps une séance beaucoup plus intense (lire p. 98). Souvent les débutants se fixent des objectifs trop élevés, comme courir un marathon après quelques semaines d'entraînement. Bien sûr, ils ne peuvent les atteindre et finissent par renoncer. De même, ils n'optimisent pas leur charge de travail qui s'avère soit insuffisante soit excessive. Dans le premier cas l'impression est de ne pas progresser. Dans l'autre, un rythme trop intense endommage les articulations et l'appareil locomoteur. Un débutant devrait se faire systématiquement enseigner la technique adaptée par une personne compétente.

4. Respecter les signes du corps

Lorsqu'on est malade, il est interdit de faire du sport. Mieux vaut effectuer une pause quand on a attrapé froid, qu'on souffre de maladie intestinale, de fièvre ou de douleurs musculaires. Puis reprendre à un rythme peu

soutenu. Les sportifs qui ont régulièrement des infections ou dont les performances baissent malgré un entraînement intensif doivent être attentifs à ces symptômes. Ils peuvent être les signes avant-coureurs d'une blessure ou d'une maladie.

En cas de doute, consulter un médecin du sport.

5. Traiter correctement les blessures musculaires

Les médecins du sport en distinguent trois types : les courbatures, les crampes et les traumatismes plus sérieux, claquages et déchirures. Les courbatures sont des microlésions du tissu qui apparaissent après des efforts très intenses ou des mouvements inhabituels.

Le sport allonge l'espérance de vie mais une pratique intensive a l'effet inverse



Masterfile

La pratique du sport peut être extrême. Elle est bénéfique à condition que l'on respecte, entre autres, les temps de récupération.

Elles guérissent seules et disparaissent quand on chauffe le muscle, ou bien après une légère séance de «décrassage», du vélo par exemple. Une crampe peut apparaître pendant un effort physique comme en pleine nuit. Elle est causée par une grande fatigue, la déshydratation ou le surmenage. Etirer ou masser le muscle suffit en général à la faire passer. L'effet préventif du magnésium, lui, n'est pas démontré. Pour traiter un claquage ou une déchirure, il faut mettre le muscle au repos, le maintenir en hauteur et appliquer de la glace. Plusieurs semaines sont parfois nécessaires pour guérir. Il est conseillé de consulter un médecin.

6. Ne pas faire l'impasse sur l'échauffement

Trottiner ou agiter lentement les bras permet de préparer le corps à l'effort. Sa température monte alors à 38,5 °C, la circulation sanguine s'accélère, les muscles deviennent plus souples, la vitesse de conduction nerveuse augmente. Grâce à cet échauffement, un sportif a plus de chances de réaliser de bonnes performances et le risque de blessure baisse significativement.

7. Adapter les étirements à sa pratique

On n'étire pas ses muscles pour les agrandir puisque, de toute façon, leur longueur ne variera pas. Les étirements servent avant tout à ce que le sportif supporte mieux les tensions et les douleurs musculaires. En même temps, ils augmentent sa mobilité. Les athlètes s'étirent juste avant une course car ils ont besoin d'être très flexibles pendant l'effort. Il en va de même pour les gymnastes, les coureurs de haies ou les judokas. Aux footballeurs et volleyeurs, qui enchaînent sprints et sauts, il est en revanche conseillé de renoncer aux

étirements, car ils diminuent la puissance musculaire. Intégrés aux entraînements, ils sont bénéfiques à long terme pour tous les sportifs. Mais il est alors préférable de les pratiquer suivant un rythme précis (s'étirer quelques secondes, relâcher, puis s'étirer de nouveau) plutôt que de façon statique (tendre le muscle pendant longtemps et en restant immobile).

8. Surveiller la progression des performances

Il est très utile de noter régulièrement ses propres performances. Cela permet de suivre précisément leur évolution et donne un facteur de motivation supplémentaire. De nombreux sportifs utilisent un cardiofréquencemètre qui mesure les battements du cœur. Ils adaptent ainsi leur effort en fonction de la fréquence de leur pouls. Les athlètes qui font dépendre leur entraînement de leur fréquence cardiaque doivent au préalable avoir passé une visite médicale chez un cardiologue, ce que négligent la plupart des amateurs, qui préfèrent se fier à des normes soi-disant universelles mais le plus souvent inexacts. Les personnes atteintes de problèmes cardiaques devraient au moins garder leur montre pour mesurer leur pouls et ne pas dépasser une fréquence déterminée au préalable par leur médecin.

9. Adapter son alimentation à l'effort

Avant des efforts longs et violents, il est conseillé de privilier une nourriture riche en hydrates de carbone, pâtes ou riz, par exemple. Ces aliments garantissent que les sucres, porteurs d'énergie, sont en quantité suffisante et que l'organisme les assimile rapidement. La nourriture doit par ailleurs être riche en protéines et en graisses naturelles, animales et végétales, (que l'on trouve dans la viande, le poisson, les noix ou les légumes à gousse), particulièrement dans les périodes où l'entraînement n'est pas trop intense.

10. Définir ses objectifs

Pour perdre du poids, il faut simplement brûler plus de calories que le corps n'en consomme. Mais si faire du sport régulièrement peut y contribuer, le plus important pour maigrir est de changer ses habitudes alimentaires. Pour gagner en force, il faut se tourner autant que possible vers des exercices qui sollicitent de nombreux groupes musculaires (flexions ou pompes). Pour travailler leur endurance, les sportifs plus expérimentés préféreront de brèves courses à intervalles rapprochés ou des exercices de HIT - High Intensity Training - (lire p.98).

*

Ce dossier a été réalisé en collaboration avec deux experts de l'Institut pour la médecine du sport et des mouvements, rattachés à l'université de Hambourg : **Kai Wellmann**, spécialiste des sciences du sport, et **Klaus-Michael Braumann**, médecin du sport. □

Stephan Knieps est journaliste à Hambourg.

Ne partez pas à fond !

On enfile ses chaussures et c'est parti ! La course est, a priori, très simple à pratiquer. Mais les débutants - et justement eux - doivent observer quelques principes.

Si un sport semble fait spécialement pour l'homme, c'est bien le jogging. Il y a sept millions d'années, les ancêtres de *Homo sapiens* sont devenus bipèdes. Depuis, les hommes n'ont cessé d'améliorer leurs techniques de course. Cette discipline est devenue le sport le plus pratiqué sur la planète.

Les raisons sont simples à comprendre. Nul besoin de compétences particulières ni d'équipement spécifique (si ce n'est une paire de chaussures et un short) ni d'un entraîneur. Néanmoins, si l'on n'acquiert pas dès le départ les mouvements appropriés (voir l'illustration ci-dessous), des problèmes graves peuvent apparaître et ce, souvent quand il est trop tard. Les personnes ayant une malformation des articulations sont particulièrement menacées. Les débutants doivent commencer par un rythme de course modéré, puis l'accélérer progressivement. C'est ainsi qu'ils travailleront efficacement leur endurance. Ils doivent courir assez lentement pour être toujours capables de prononcer de façon compréhensible des phrases complètes.

Au début, on progresse très rapidement



SUR LES TALONS

Déconseillé ! Un effort beaucoup trop important est demandé aux articulations et une légère incurvation des pieds vers l'intérieur est favorisée, ce qui endommage ligaments et tendons. Cette façon de courir est pourtant très répandue, quel que soit le niveau.

SUR LA POINTE

Cette technique est surtout utile pour un coureur expérimenté qui l'utilisera pour des courses brèves et intenses, comme le sprint ou la course de montagne. Mais attention, elle sollicite très fortement le tendon d'Achille, la cheville et les muscles du mollet.

INTERMÉDIAIRE

Compromis adopté pour les longues distances, cette technique de course répartit la charge de façon homogène et ménage les articulations, les tendons et les ligaments. Elle est à recommander, y compris aux coureurs débutants.

Puisque l'endurance est la base de presque toutes les disciplines, le jogging est un entraînement bénéfique pour la grande majorité des sportifs.

► Praticable en tout temps et en tout lieu. Les progrès sont visibles assez rapidement. Idéal pour l'amélioration de l'endurance personnelle.

■ Pas recommandé à tous. Les personnes en surpoids ou hypertendues doivent demander l'avis d'un médecin. Les sportifs qui ont des problèmes orthopédiques à la hanche ou au genou doivent consulter un spécialiste, car les problèmes que le jogging peut engendrer au niveau des articulations n'apparaissent que très progressivement.



TENIR LA DISTANCE EN PETITES FOULÉES

Celui qui commence une activité physique par le qualité nécessaire à la pratique de presque tous les

Les disciplines apparentées

Dans la nature ou dans l'eau, elles permettent



Avancer en sécurité à l'aide de deux bâtons.



Une activité agréable à tout âge.

LA MARCHE NORDIQUE

Bien adaptée aux débutants, à ceux qui n'ont pas pratiqué depuis longtemps et aux personnes en surpoids. Equipement : deux bâtons qui mesurent 70 % de la longueur du corps.

LA RANDONNÉE

Recommandée aux débutants et à ceux qui reprennent une activité sportive ainsi qu'aux seniors souhaitant travailler leur endurance et améliorer leur circulation sanguine. Mais elle ne permet guère aux sportifs déjà



jogging peut s'attendre à des progrès rapides. Par ailleurs, il acquerra de l'endurance, sports. Autre atout: les calories sont brûlées en grande quantité.

de retrouver des bénéfices équivalents à ceux du jogging.



Le trail, de quoi ravir un coureur confirmé.

en bonne condition physique de gagner en endurance.

LA COURSE NATURE OU TRAIL

Courir en forêt, sur de longues pistes en plaine ou en montagne, sur tout type de terrain de préférence

accidenté et dénivelé augmente les difficultés et renforce cuisses, fessiers et abdos.

L'AQUA-JOGGING

C'est une excellente alternative pour les coureurs blessés ou pour les personnes en surpoids. Elles peuvent reproduire dans l'eau les mouvements de la course tout en ménageant leurs articulations. La résistance de l'eau ralentit évidemment la vitesse de course par rapport au jogging mais attention, les



Optimal pour soigner une blessure légère.

mouvements très lents peuvent, à long terme, avoir des conséquences néfastes pour la vitesse motrice des muscles et affecter ainsi le rythme de course.

POUR DÉBUTANT*

Objectif: être capable de courir pendant 30 minutes après huit semaines d'entraînement.

Semaine 1./2.

Jour 1: 30 min de marche (à une allure assez rapide).

Jour 2: 10 min de marche ; 5 x 1 min de course avec, à chaque fois, 2 min de marche dans l'intervalle ; 5 min de marche.

Semaine 3./4.

Jour 1: 10 min de marche ; 5 x 2 min de course avec, à chaque fois, 3 min de marche dans l'intervalle.

Jour 2: 10 min de marche ; 5 x 3 min de course avec, à chaque fois, 2 min de marche dans l'intervalle.

Semaine 5./6.

Jour 1: 4 x 5 min de course avec 3 min de marche dans l'intervalle.

Jour 2: 4 x 5 min de course avec 3 min de marche dans l'intervalle.

Jour 3: 3 x 8 min de course avec 3 min de marche dans l'intervalle.

Semaine 7.

Jour 1: 3 x 8 min de course avec 2 min de marche dans l'intervalle.

Jour 2: 2 x 12 min de course avec 3 min de marche dans l'intervalle.

Jour 3: 2 x 15 min de course avec 3 min de marche dans l'intervalle.

Semaine 8.

Jour 1: 2 x 15 min avec 2 min de marche dans l'intervalle.

Jour 2: 5 min de marche ; 20 min de course, 5 min de marche.

Jour 3: 30 min de course.

POUR SPORTIF CONFIRMÉ**

Objectif: qu'une personne courant une ou deux fois par semaine puisse accomplir un semi-marathon (21 kilomètres) après huit semaines d'entraînement.

Semaine 1./2.

Jour 1: 10 km de course.

Jour 2: 8 km de course, dont 4 x 2 min en fractionné : alterner 2 min de sprint et quelques min en trottinant.

Jour 3: 10 km de course à un rythme raisonnable, en 1h.

Semaine 3./4.

Jour 1: 10 km de course.

Jour 2: 10 km de course, dont 5 x 3 min en fractionné.

Jour 3: 10 km de course à rythme soutenu (soit en 55 min).

Semaine 5./6.

Jour 1: 10 km de course.

Jour 2: 10 km de course, dont 5 x 3 min en fractionné.

Jour 3: 12 km de course, dont 5 x 3 min en fractionné.

Jour 4: 15 km de course.

Semaine 7.

Jour 1: 10 km de course.

Jour 2: 10 km de course, dont 4 x 4 min en fractionné.

Jour 3: 12 km de course, dont 5 x 3 min en fractionné.

Jour 4: 18 km de course.

Semaine 8.

Jour 1: 10 km de course

Jour 2: 10 km de course, dont 5 x 2 min en fractionné.

Jour 3: 12 km de course à rythme soutenu (soit en 1h).

Jour 4: 21 km de course.

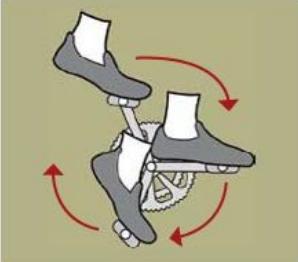
*Respecter un ou deux jours de repos entre deux séances d'entraînement. **Pendant les quatre premières semaines, respecter au moins un jour de repos entre les trois séances d'entraînement. Supervision scientifique : Dr Jan Schröder, spécialiste de sciences du sport à l'université de Hambourg.

Les graisses brûlent

Cette discipline sollicite jambes et fessiers, épargne les articulations et permet aux personnes âgées de faire de l'exercice. Le sens de la cadence y est primordial.

La légende dit que l'inventeur de la bicyclette serait le Français Pierre Lallement. Dès 1863, il parcourait les rues de Paris sur un deux-roues actionné par un pédales. Aujourd'hui, on compte environ 1,4 milliard de vélos dans le monde et ce moyen de locomotion universel est aussi devenu un objet de haute technologie. Equipés d'un changement de vitesses électronique, de suspensions à air et de freins à disques extrêmement efficaces, les vélos de sport modernes sont construits pour toutes sortes de terrains et en fonction d'usages très spécifiques : un VTT pour dévaler les pentes en montagne ou en forêt, un vélo de cyclotourisme avec bagage pour les longues excursions, ou un vélo conçu spécialement pour les parcours chronométrés où le seul objectif est de rouler le plus vite possible. Le vélo idéal pour un débutant est un vélo de course. Le guidon incurvé peut, en effet, être tenu de différentes manières et il est ainsi possible d'ajuster la position du corps (pour accélérer plus facilement par exemple, on se penche au-dessus du guidon qui doit être placé trois ou quatre centimètres plus bas que la selle).

Les chaussures accrochées aux pédales par des fixations automatiques font économiser de l'énergie. Même si un cycliste donne l'impression d'avoir le buste immobile, presque toute la musculature est sollicitée. Ce sont les jambes et les fessiers qui travaillent le plus mais les muscles du ventre, du bas du dos et des épaules sont également mis à contribution pour stabiliser la moitié inférieure du corps. La moitié supérieure travaille donc aussi.



LE PÉDALAGE ROND

C'est à cette technique que l'on distingue un vrai coureur d'un cycliste occasionnel. Le pied ne fait pas qu'appuyer sur la pédale, il la tire vers le haut, puis la pousse en avant. Réalisé avec régularité et fluidité, ce mouvement permet de reposer les muscles. Pour bien pédaler rond, il est nécessaire d'avoir, en plus d'articulations de la cheville très souples, les pieds fixés au pédales par un système de pédales automatiques - les chaussures étant conçues pour s'y encastrer directement. Il est préférable d'entrainer une jambe après l'autre avec d'abord un seul pied fixé dans la pédale et assurant seul le pédalage, sur une courte distance et avec un développement confortable.

► Les atouts sont les mêmes que ceux de la plupart des sports d'endurance : le cœur apprend à économiser ses forces, et on brûle plus de graisses. Particulièrement adapté à la reprise d'une activité sportive après une blessure et aux seniors, car les articulations sont ménagées.

■ Les débutants souffrent souvent de douleurs dans le cou, les muscles étant peu habitués à maintenir la tête droite. La position fixe et droite peut entraîner des sensations de vertige, quand par exemple une forte pression pèse sur les nerfs des bras et du fessier. En cas de long trajet, les médecins recommandent de changer de position toutes les dix minutes, de ne pas hésiter à pédaler en danseuse, et de faire des pauses. Enfin, il vaut mieux incliner le moins possible sa selle vers le bas.



TOUT EST UNE QUESTION DE POSITION

Plus on est penché sur son vélo, moins la résistance de l'air est importante. Les jambes et les fessiers sont alors moins sollicités.

Les disciplines apparentées

Parce qu'elles font appel aux mêmes qualités



Primordial : avoir des jambes puissantes.

LE PATIN À GLACE

Quand on patine comme lorsqu'on pédale, les cuisses bougent de bas en haut. Le patinage de vitesse accroît fortement la puissance musculaire des jambes, les patineurs enchaînant les phases d'impulsion dans les virages. Enfin, cette discipline développe le sens de l'équilibre. Pour toutes ces raisons, elle est



l'air s'oppose à la force motrice du cycliste. Il gagne donc en vitesse. Les débutants longue durée peuvent ressentir des douleurs dans les muscles du cou.

physiques que le cyclisme, elles permettent un entraînement optimal.

vivement recommandée pour compléter la pratique des cyclistes exigeants.

LE ROLLER EN LIGNE

Il augmente l'endurance et ménage les articulations autant que le cyclisme. Comme le patinage de vitesse, il renforce particulièrement les muscles des cuisses et apprend à mieux stabiliser les muscles du tronc. Renforcer au préalable la musculature de son dos est conseillé. Pour que



Rouler à un rythme soutenu pour travailler l'endurance.

le roller en ligne fasse vraiment travailler la condition physique, il est indispensable de conserver un rythme soutenu, ce qui n'est pas toujours facile en ville. Il est

préférable de pratiquer sur des pistes spécialement conçues (pour les connaître, on peut se renseigner auprès de la Fédération Française de Roller Sports, ffroller.fr).

Les programmes d'entraînement

POUR DÉBUTANT Objectif: tenir 90 min sans arrêt. Rythme à adopter: pédaler selon ses capacités, mais sans perdre haleine.

Semaine 1. Deux fois dans la semaine*, 2 x 15 min entrecoupées d'une pause de 5 min. Le week-end, excursion d'une demi-heure.

Semaine 2. Deux fois dans la semaine*, 2 x 20 min entrecoupées d'une pause de 5 min. Etirements des jambes. Le week-end, excursion de 40 min.

Semaine 3. Deux fois dans la semaine*, 2 x 25 min entrecoupées d'une pause de 5 min. Etirements. Le week-end, excursion de 45 min sans pause.

Semaine 4. Deux fois dans la semaine*, 2 x 30 min entrecoupées d'une pause de 5 min. Etirements. Le week-end, excursion de 60 min.

Semaine 5. Deux fois dans la semaine*, 2 x 40 min entrecoupées d'une pause de 5 min. S'étirer, puis rouler à nouveau 20 min. Le week-end, excursion de 60 min sans pause.

Semaine 6. Deux fois dans la semaine*, rouler 60 min, faire une pause de 5 min, s'étirer, puis rouler pendant 10 min. Le week-end, 90 min à un rythme soutenu et régulier.

POUR SPORTIF CONFIRMÉ

Objectif: participer à une course amateur d'environ 100 km. Toujours intercaler des jours de repos entre les séances d'entraînement, sauf le week-end.

Semaine 1. Trois séances d'entraînement (SE) de 50 à 80 km (rythme raisonnable, pédalage : 100 rotations par min).

Semaine 2. Trois SE de 60 à 100 km (rythme raisonnable, fréquence de pédalage : 100 rotations par min).

Semaine 3. Trois à quatre SE de 70 à 120 km (rythme raisonnable, parcours vallonné), deux SE le samedi et le dimanche.

Semaine 4. Deux excursions de 1 à 2 h (rythme raisonnable). Le week-end, une séance plus lourde (80 km).

Semaine 5. Trois SE de 60 à 80 km sur terrain vallonné, voire accidenté (rythme : de raisonnable à soutenu).

Semaine 6. Trois SE de 60 à 80 km, idéalement en montagne avec deux sprints sur 1 km par SE (rythme : de raisonnable à soutenu).

Semaine 7. Trois SE de 80 à 120 km (rythme raisonnable, fréquence de pédalage : 100 rotations par min).

Semaine 8. Deux excursions de 2 h, rythme raisonnable ; le week-end, un parcours chronométré (60-80 km, rythme soutenu).

Semaine 9. Trois SE de 60 à 100 km sur terrain vallonné, avec 3 à 5 sprints par séance (rythme : de raisonnable à soutenu).

Semaine 10. Trois SE de 60 à 100 km (lors de deux SE, augmenter le rythme pendant 5 min, reprendre plus lentement, x 3).

Semaine 11. Quatre SE de 60 à 120 km (lors de deux SE, augmenter le rythme durant 5 min, puis reprendre plus lentement ; répéter 3 fois) ; le week-end, une séance double, rythme raisonnable, sur un parcours ressemblant à celui de la course.

Semaine 12. Récupération avec deux excursions légères. Deux jours avant la course, faire une séance courte avec plusieurs sprints.

*Avec au minimum un jour de repos.

**Qui ont déjà un entraînement annuel de 3 000 à 6 000 km.

Supervision technique : Markus Schellenberger, entraîneur de l'équipe allemande.

Le corps entier travaille

Comme pour la plupart des disciplines, la natation est d'abord affaire de technique. Elle a cependant une particularité : sa pratique fait travailler toute la musculature.

Les nageurs évoluent dans un milieu très particulier, l'eau. En raison de sa densité, le poids du corps et la poussée d'Archimède qui s'oppose à lui, y sont à peu près équivalents. C'est la raison pour laquelle l'homme peut flotter dans l'eau sans avoir pour cela à dépenser de l'énergie. Mais l'eau est aussi environ mille fois plus dense que l'air et confronte le nageur à une résistance énorme. Lorsque le

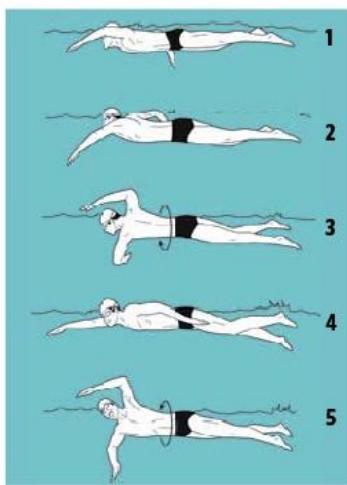
Soigner son style pour économiser de l'énergie

Brésilien César Cielo Filho établit en

2009 le record du monde du 100 mètres nage libre, il se propulse à une vitesse moyenne de 7,7 km/h. Par comparaison, le recordman du monde du 100 mètres sur piste, Usain Bolt, atteint sur la même distance une vitesse cinq fois supérieure. Comme dans beaucoup d'autres disciplines, la technique est très importante. Pour avancer, le nageur repousse l'eau en arrière avec ses bras et ses jambes en restant le plus à plat possible afin de réduire sa surface de résistance. L'athlète économise d'autant plus d'énergie et peut nager d'autant plus longtemps que ses gestes sont précis et réguliers. Aux débutants, il est conseillé de commencer par prendre des cours avec un entraîneur qui leur enseignera les quatre nages : le crawl, la brasse, le papillon et le dos. Tous ces styles ont un atout en commun. En effet, à la différence de la quasi-totalité des disciplines terrestres, ils font autant travailler le haut que le bas du corps.

► Bonne pour la santé, comme tous les sports d'endurance. Grâce à l'apesanteur, les articulations des genoux, des hanches et des pieds sont épargnées. D'un point de vue médical, nager est particulièrement recommandé aux personnes en surpoids, souffrant de rhumatismes ou de douleurs dorsales. Le risque de blessure est faible.

■ La natation est plutôt déconseillée aux personnes souffrant de problèmes circulatoires, car l'eau trop froide (moins de 22 °C) ou trop chaude (plus de 30 °C) peut provoquer des troubles sérieux de la circulation sanguine.



LE CRAWL

C'est la nage la plus rapide car celle où le corps est le plus à plat («to crawl» en anglais signifie ramper) et glisse le plus facilement dans l'eau. Pour inspirer, seulement par la bouche, on tourne la tête de côté. On expire sous l'eau par le nez et la bouche. La main gauche entre dans l'eau, le coude et le poignet suivent jusqu'à ce que le bras soit quasiment en extension. Pendant ce temps, le bras droit se lance en arrière vers la hanche. Les battements de jambes sont continus (1). Le nageur sort le coude droit de l'eau et oriente peu à peu le bras gauche vers l'arrière en expirant lentement (2). Il tourne le torse autour de son axe longitudinal (voir la flèche). Le bras gauche pousse fortement vers l'arrière et le droit, replié, s'apprête à revenir dans l'eau.

Le nageur continue à expiration (3). Il tourne la tête et le torse du côté où il va inspirer (4). Les bras continuent à mouliner, il inspire énergiquement et a relevé légèrement la tête pour la porter hors de l'eau (5).



À LA FORCE DES BRAS ET DES JAMBES

Sport d'endurance, la natation est excellente pour la santé. Cette activité physique est donc recommandée aux

Les techniques apparentées

En dehors du crawl, trois autres styles de nage



La brasse, idéale pour les nageurs débutants.

LA BRASSE

C'est le style le plus répandu et souvent celui que l'on apprend en premier parce qu'il ne requiert pas de technique respiratoire complexe. Le nageur expire dans l'eau, mais sort la tête pour inspirer. L'orientation est donc aussi plus simple. Le nageur

pouvant se reposer pendant la phase de glisse, il lui est aussi plus facile de répartir sa dépense d'énergie. De nombreux sportifs considèrent donc que la brasse est idéale pour la récupération. En revanche, les médecins conseillent sa pratique avec modération aux personnes ayant des problèmes à la colonne vertébrale car elle accroît la courbure (hyperlordose) de la région lombaire, surtout si on garde la tête hors de l'eau.



santé et ménage particulièrement les articulations puisque le corps flotte dans l'eau. personnes souffrant du dos ou de rhumatismes.

sont conseillés.



Un style conseillé si l'on a mal au dos.

LE DOS CRAWLÉ

La tête reste hors de l'eau, ce qui facilite la respiration. Mais il est plus difficile de s'orienter qu'avec les autres nages. Le dos crawlé demande que l'articulation de l'épaule soit particulièrement mobile. Comme le corps est à l'horizontale et que la tête ne bouge

pas, cette nage est réputée excellente pour le dos. Elle en renforce les muscles, et permet ainsi de prévenir et d'adoucir les lombalgie.

LE PAPILLON

Aussi appelée nage du dauphin car le corps ondule, c'est la technique la plus éprouvante. Le corps ne réalise pas de rotation dans le sens de la longueur ; à la force des bras et des jambes, le torse se propulse hors de l'eau et le dos se recourbe vers



Athlétique mais simple techniquement.

l'intérieur. Ceux qui souffrent du dos doivent consulter leur médecin avant de s'y essayer. Le papillon, qui sollicite tout le haut du corps, est simple car symétrique mais demande une bonne coordination des bras et des jambes. Pour débuter, mieux vaut déjà maîtriser le crawl.

POUR DÉBUTANT

Objectif: nager 500 mètres en crawl.

Semaine 1.

Jour 1 : Test : nager en crawl aussi longtemps que possible. Si après quelques mètres vous éprouvez des difficultés à respirer, travaillez d'abord la technique (lire encadré p. 90).

Jour 2 : Après un jour de repos, 100 m d'échauffement, 4 x 25 m crawl*, 100 m brasse, 4 x 25 m crawl*, 100 m de récupération.

Semaine 2.

Jour 1 : 100 m d'échauffement, 50 m crawl, 2 x 25 crawl*, 100 m brasse, 50 m crawl, 2 x 25 m crawl, 100 m de récupération.

Jour 2 : 100 m d'échauffement, 50 m crawl, 4 x 25 crawl*, 150 m brasse, 50 m crawl, 2 x 25 m crawl*, 100 m de récupération.

Semaine 3.

Jour 1 : 100 m d'échauffement, 50 m crawl, 4 x 25 m crawl*, 150 m brasse, 50 m crawl, 2 x 25 m crawl*, 100 m de récupération.

Jour 2 : 100 m d'échauffement, 5 m crawl, 4 x 25 m crawl*, 200 m brasse, 50 m crawl, 4 x 25 m crawl*, 100 m de récupération.

Semaine 4.

Jour 1 : 100 m d'échauffement, 150 m (25 crawl, 50 brasse, 50 crawl, 25 brasse), 150 m brasse, 8 x 25 m crawl*, 100 m récupération.

Jour 2 : 100 m d'échauffement, 150 m (25 crawl, 50 brasse, 50 crawl, 25 brasse), 150 m brasse, 4 x 50 m crawl*, 100 m récupération.

Semaine 5.

Jour 1 : 100 m d'échauffement, 100 m crawl, 2 x 25 de crawl*, 100 m brasse, 100 m crawl, 2 x 25 m crawl*, 100 m de récupération.

Jour 2 : 100 m d'échauffement, 100 m crawl, 4 x 25 m crawl*, 100 m brasse, 100 m crawl, 4 x 25 m crawl*, 100 m de récupération.

Semaine 6.

Jour 1 : 100 m d'échauffement, 100 m crawl, 2 x 50 m crawl*, 100 m brasse, 100 m crawl, 2 x 50 m crawl*, 100 m de récupération.

Jour 2 : 100 m d'échauffement, 200 m crawl, 100 m brasse, 150 m crawl, 100 m brasse, 50 m crawl, 100 m de récupération.

Semaine 7.

Jour 1 : 100 m d'échauffement, 300 m crawl, 4 x 25 m crawl*, 100 m brasse, 100 m crawl, 2 x 50 m crawl*, 100 m de récupération.

Jour 2 : 100 m d'échauffement, 400 m crawl, 100 m brasse, 100 m crawl, 200 m brasse, 100 m de récupération.

Semaine 8.

Jour 1 : 100 m d'échauffement, 10 x 50 m crawl**, 200 m brasse, 100 m crawl, 100 m de récupération.

Jour 2 : 100 m d'échauffement, 12 x 50 m crawl**, 200 m brasse, 8 x 25 m crawl***, 100 m de récupération.

Semaine 9.

Jour 1 : 100 m d'échauffement, 5 x 100 m crawl***, 200 m brasse, 4 x 50 m crawl**, 100 m de récupération.

Jour 2 : 100 m d'échauffement, 6 x 100 m crawl***, 200 m brasse, 8 x 25 m crawl****, 100 m de récupération.

Semaine 10.

Jour 1 : 100 m d'échauffement, 5 x 100 m crawl***, 200 m brasse, 4 x 50 m crawl**, 100 m de récupération.

Jour 2 : 100 m d'échauffement, 6 x 100 m crawl***, 200 m brasse, 8 x 25 m crawl****, 100 m de récupération.

Semaine 11.

Jour 1 : 100 m d'échauffement, 200 m crawl, 2 x 100 m crawl**, 4 x 50 m crawl***, 100 m de récupération.

Jour 2 : 100 m d'échauffement, 300 m crawl, pause 45 secondes, 200 m crawl, 100 m crawl, 100 m de récupération.

Semaine 12.

100 m d'échauffement, 500 m crawl, 100 m de récupération.

*Avec 30 secondes de repos entre deux longueurs de crawl. **15 secondes de pause entre deux longueurs. ***20 secondes de pause entre deux longueurs.

****10 secondes de pause entre deux longueurs. Quand la durée des pauses entre deux séries de longueurs n'est pas précisée, compter 30 secondes. Echauffement et récupération se font dans la nage de votre choix. Supervision technique : Sebastian Zeller, spécialiste de sciences du sport à l'Institut Allemand du Sport, à Cologne.

Les bienfaits de la piste

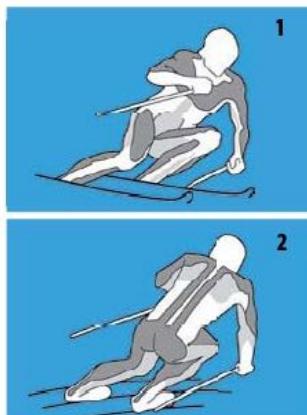
Beaucoup de sportifs chaussent les skis pour se griser de vitesse et de sauts. Bénéfice supplémentaire, les sports d'hiver apaisent à la fois le corps et l'esprit.

En Norvège, il y a déjà plus de 4 500 ans, lorsqu'ils parcouraient les forêts, les hommes fabriquaient avec des branchages des sortes de raquettes qu'ils fixaient sous leurs pieds pour ne pas s'enfoncer dans la neige. Les chasseurs utilisèrent ces accessoires rudimentaires jusqu'à ce qu'une autre innovation, des planches de bois polies, leur permette de se déplacer plus rapidement sur la neige. Les messagers, par exemple, pouvaient ainsi parcourir de très longues distances. Il faudra attendre le XIX^e siècle pour que ce moyen de transport devienne un sport, surtout en Norvège. Aujourd'hui, près de 90 % des adeptes de ski alpin sont équipés de skis profilés. Un peu plus courts et plus incurvés que les skis traditionnels, ils font gagner en vitesse, notamment dans les virages et, pour les débutants, ils facilitent l'apprentissage des techniques de base. Mais attention ! Une vitesse plus importante demande aussi plus de concentration,

notamment lors des passages en schuss ou dans les couloirs pentus. De façon générale, le ski nécessite une capacité de réaction, une coordination des bras et des jambes et un sens de l'équilibre d'un bon niveau. La chute menace dès qu'on se tient un peu trop en avant ou en arrière. Un débutant doit donc avant tout apprendre à bien répartir sa masse corporelle. L'accident le plus fréquent est la chute (provoquée par soi-même, pas par autrui) et les blessures les plus fréquentes touchent le genou. Une mauvaise technique et une condition physique insuffisante en sont le plus souvent les causes. Les muscles des jambes et du torse sont particulièrement sollicités et se fatiguent très vite s'ils sont peu entraînés. Les spécialistes recommandent donc de se préparer avec des exercices adaptés, et de porter un casque.

► Quand on possède une bonne technique, le ski fait travailler l'endurance, renforce les muscles des jambes et du bassin. De plus, il développe le sens de l'équilibre, la coordination des membres et la vitesse de réaction.

■ Le ski alpin est relativement risqué. Sur 1 000 skieurs, quinze environ feront une mauvaise chute et se blesseront. Il est déconseillé en cas de fragilité des genoux ou d'opération des ligaments croisés datant de moins de six mois.



TOUS LES MUSCLES EN ACTION

Le ski alpin sollicite presque tous les muscles. Le haut du corps compense en permanence le dénivelé de la pente pour maintenir l'équilibre (1). Les bras, les épaules et les pectoraux facilitent l'orientation en dirigeant les bâtons. Les fessiers aident à stabiliser les cuisses et les hanches (2). Les virages sont particulièrement éprouvants, car la pression pesant sur les différents muscles varie sans cesse. Une constante demeure pourtant : à chaque virage, les muscles de la jambe extérieure travaillent plus que ceux de la jambe intérieure.

Le ski en altitude à basse température renforce l'immunité



BÉNÉFIQUES DESCENTES

Le ski alpin renforce presque tous les muscles, mais et la coordination Enfin, il agit sur le psychisme car

Les disciplines apparentées

Certains trouvent le ski alpin trop dangereux,



Inspiré du surf et du skateboard.

LE SNOWBOARD

En surf des neiges, le principal défi est de garder l'équilibre. Les deux pieds fixés sur une même planche, on ne peut, comme au ski, compenser un écart avec l'autre jambe. Les blessures que subissent les snowboarders sont aussi souvent plus graves que celles des

skieurs alpins. Chaque descente coûte plus d'énergie, puisqu'il faut en permanence plier le genou pour peser sur un des deux côtés de la planche. Ceux qui visent les longues descentes ont intérêt à faire, au préalable, de la gymnastique de façon intensive.

LE SKI DE FOND

Il repose sur un enchaînement de gestes moins violents que pour le ski alpin. Les risques de blessures sont donc plus faibles et il est



développe également la réactivité, le sens de l'équilibre il aide à évacuer le stress du quotidien.

d'autres trop monotone. Voici les variantes.



La glisse régulière ménage les articulations.

conseillé aux personnes âgées ou souffrant de problèmes articulaires. On distingue deux techniques : le style classique et le skating. Ce dernier permet d'aller vite (jusqu'à 40 km/h sur le plat) et ressemble au patin

à glace. La particularité du style classique est que l'on avance avec les skis parallèles sur une piste comportant deux rails creusés dans la neige. Les débutants commenceront par le style classique, plus facile à apprendre.

LE ROLLER SKI

En 1924, des skieurs inventèrent cette discipline pour pouvoir s'entraîner pendant l'été. Les mouvements réalisés avec deux planches munies de roues ressemblent à ceux du ski de fond.



En attendant la neige, du ski sur des rollers.

En roller ski aussi on peut choisir entre style classique et skating. C'est une bonne préparation à la saison d'hiver. Notons tout de même que sur le macadam d'une route, l'absence de rails rend l'apprentissage du style classique plus long et plus difficile que sur la neige.

La préparation au ski

AU MOINS QUATRE SEMAINES
d'exercices des muscles des jambes et du dos sont nécessaires avant de chauffer les skis.



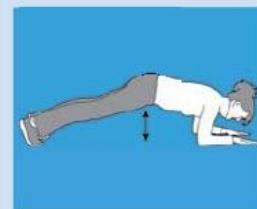
LA CHAISE

Spécial descente : plier les genoux à 90° maximum et tendre les fesses en arrière. Tenir la position, puis recommencer après une pause.



ÉLÉVATION DU TORSE

Allongé sur le dos, placer les genoux à angle droit et les bras le long du corps. Tendre et soulever les fesses jusqu'à ce que le tronc soit bien droit.



LE PONT

Allongé sur le ventre, prendre appui sur la pointe des pieds et sur les avant-bras, soulever le bassin. Variante : relever une jambe après l'autre.

AU PLUS TARD QUATRE MINUTES avant la première descente, il faut étirer les jambes car leurs muscles vont subir de très fortes contraintes.



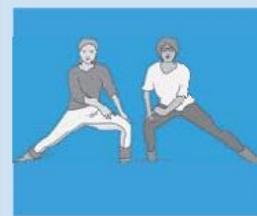
ÉTIREMENT1

Plier une jambe en approchant le talon du fessier jusqu'à ressentir une légère douleur dans la cuisse. S'aider d'un partenaire pour rester stable.



ÉTIREMENT2

Appuyé contre un partenaire ou un pilier, tendre une jambe à l'horizontale jusqu'à ce que les muscles arrière de la cuisse et du mollet commencent à tirer.



ÉTIREMENT3

Jambes écartées, bien stable, plier peu à peu un genou le plus bas possible, jusqu'à ressentir une légère douleur sur la face interne de la jambe tendue.

Endurance et rapidité

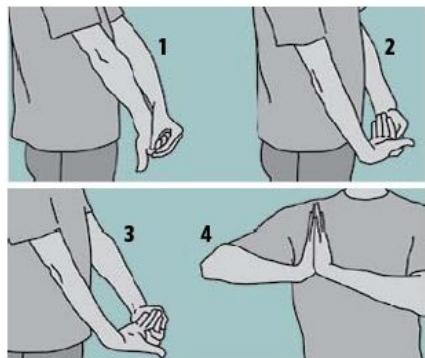
Les jeux de raquette ne font pas qu'exercer les grands groupes de muscles. Ils permettent également de développer les réflexes et la vitesse de course.

Trois jours, c'est la durée du plus long match de tennis de l'histoire. Il a eu lieu en 2010 à Wimbledon et fut remporté par l'Américain John Isner contre le Français Nicolas Mahut. Le temps de jeu global fut de onze heures et cinq minutes mais les adversaires n'étaient pas toujours réellement en mouvement. Chez les professionnels en effet, le temps de jeu effectif, composé d'échanges courts et intenses, dépasse rarement 30 % d'un match. Les tennismen doivent donc développer autant leur endurance que leur rapidité. La précision des coups est tout aussi importante. Les spécialistes conseillent pourtant aux débutants de ne pas essayer de maîtriser tout de suite l'éventail de gestes le plus large possible. Les professionnels eux-mêmes n'utilisent la plupart du temps qu'un échantillon restreint de leur répertoire ; ils ont, en revanche, répété ces gestes jusqu'à la perfection. Et puisque les coups peuvent atteindre 250 km/h, le sens de l'anticipation et la faculté de prévoir la trajectoire de la balle sont tout aussi essentiels qu'une bonne capacité de réaction. Le tennis fait travailler tous les grands groupes musculaires des jambes, du torse et des bras. La partie médiane du corps joue le rôle d'un stabilisateur : le tronc effectue une rotation à chaque retour ou à chaque service. Plus les muscles du tronc sont souples et puissants, plus le soutien apporté au bras de frappe est efficace. Il est

possible de travailler sur cette partie du corps en pratiquant quelques exercices simples (lire page ci-contre) qui procurent un autre bénéfice : ils diminuent le risque de blessures musculaires.

► Le tennis aide à développer l'aptitude au sprint, l'endurance et la détente. Il améliore la vitesse de réaction, la coordination des membres et apprend à comprendre une situation globale en un clin d'œil. Un atout appréciable au quotidien, lors de la conduite automobile par exemple.

■ Il ne fait pas travailler les muscles de façon symétrique. Des exercices de compensation (lire page ci-contre) permettent de remédier à cet inconvénient. Les personnes aux articulations fragiles ou endommagées risquent de se blesser, surtout sur les courts dont le revêtement bloque brutalement les glissades.



LUTTER CONTRE LE TENNIS ELBOW

Une mauvaise technique de frappe peut causer une inflammation des tendons dans la région du coude (tennis elbow). Ces exercices d'étirement sont un remède efficace pour calmer les douleurs. Étirer les bras en orientant la paume vers le haut. Prendre d'une main les quatre doigts de l'autre et tirer vers le haut (1). Après dix secondes, faire pivoter la main qui était tournée vers le haut et étirer de nouveau (2). Garder la main ainsi, étendre le bras et tourner le coude vers l'extérieur (3). Étirer ensuite l'autre bras. Pour finir, tenir devant soi les deux mains l'une contre l'autre pendant au moins vingt secondes (4).

Les pros utilisent un échantillon restreint de coups



SERVICE, VOLÉE, POINT

Les professionnels ont, en général, besoin de peu relativement réduite. Elle ne représente que 10 à 30 %

Les disciplines apparentées

Ces alternatives au tennis sollicitent les mêmes



Bien adapté aux débutants.

LE BADMINTON

Idéal pour s'essayer aux sports de raquette. D'une part, le choc que doit supporter le poignet quand il frappe la balle est moins violent qu'au tennis. D'autre part, il n'y a qu'une façon de tenir sa raquette alors que les joueurs de tennis doivent en apprendre plusieurs. En revanche, le badminton est plus éprouvant que le tennis. Un joueur effectue en moyenne un coup toutes les deux à quatre secondes et la distance qu'il parcourt en un match peut être jusqu'à six fois plus importante qu'à un match de tennis. Le volant peut aller beaucoup plus vite que n'importe quelle balle de base-ball ou de tennis. Un Malaisien détient le record. En 2009, le volant qu'il avait frappé atteignit la vitesse de 421 km/h.



de temps et de coups pour marquer un point. La durée de jeu effectif est donc de la durée totale d'un match. Entre les coups, l'organisme récupère.

capacités physiques et mentales, mais réclament plus d'agilité.



L'essentiel: réagir plus vite que l'adversaire.

LE PING-PONG

La capacité de réaction et le sens de l'anticipation y sont cruciaux, car il se passe à peine un dixième de seconde entre l'envoi d'une balle et sa réception de l'autre côté de la table. Autour de celle-ci, les distances sont certes courtes, mais la condition physique est

déterminante. Plus un joueur est endurant, moins il subira de blessures. Comme au tennis, c'est le bras de frappe qui est le plus sollicité. Et comme au tennis, les muscles du torse sont extrêmement importants.

LE SQUASH

Cette discipline où tout va très vite développe les mêmes compétences que les autres sports de raquette. Mais on y souffre beaucoup plus souvent de douleurs à la colonne vertébrale. Les



Très rapide et souvent aussi très douloureux.

tendons du genou et de la cuisse sont aussi fortement sollicités par les mouvements permanents de rotation et les changements brusques de direction. En plus de l'échauffement, un renforcement des muscles des jambes et du dos par un entraînement ciblé est recommandé.

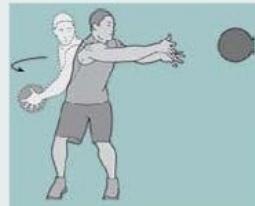
Le renforcement des muscles

LA MUSCULATURE DU TRONC est sollicitée à chaque coup au tennis. Des exercices pratiqués avec un médecine-ball permettent de la renforcer.



LE TWIST RUSSE

Assis, jambes légèrement pliées et le dos droit, tourner le torse vers la droite et la gauche en touchant le sol avec le ballon de chaque côté.



LE LANCÉ DE BALLON

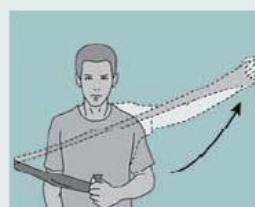
Pieds parallèles, les genoux légèrement pliés, lancer le médecine-ball à un partenaire en tournant le haut du corps.



ROTATION EN L'AIR

Coincer la balle entre les jambes, puis sauter sur place et faire pivoter le bassin tout en gardant le haut du corps dans son axe.

LES MUSCLES DES BRAS ET DES ÉPAULES doivent être consolidés. Des progrès rapides sont obtenus en s'exerçant avec une sangle extensible.*



EXERCICE DE REVERS

Avec la main, tenir une des extrémités de la sangle extensible, puis tirer le bras vers l'extérieur et le haut (en mirant le geste de revers).



EXERCICE DE SERVICE

Placer le bras derrière le cou et le relever à la verticale (ce qui imite le geste du service). Veiller à toujours garder le coude fixe.



ROTATION DE L'ÉPAULE

Tenir l'avant-bras à la verticale, puis le faire passer à l'horizontale. Le coude et le haut du bras doivent rester à hauteur d'épaule.

*Tous les exercices doivent être faits à un rythme rapide.

La maîtrise de soi

Karaté, judo, taekwondo... Les arts martiaux asiatiques enseignent la notion de combat et développent endurance, puissance, coordination, sens du respect et discipline.

Judo est un mot japonais qui se traduit librement par «doux chemin». Le but de ce sport de combat est de faire tomber l'adversaire sur le tatami (revêtement de sol sur lequel se pratiquent les arts martiaux japonais) pour l'y maintenir sur le dos. On peut utiliser à son avantage les mouvements de l'opposant. Par exemple, se servir des pieds et des mains pour lui faire perdre l'équilibre lorsqu'il attaque. Si les deux combattants tombent, ils continuent le combat au sol à la manière de lutteurs.

Le vainqueur est celui qui arrive à maintenir son adversaire sur le dos pendant vingt-cinq secondes, ou celui qui est désigné par l'arbitre parce qu'il a pris davantage de risques. Dans cet art martial, les coups sont interdits mais un judoka dispose de bien d'autres moyens pour remporter un combat. Les règlements autorisent plus de quarante variantes de prises, y compris certaines techniques d'étranglement et de torsions. Un jeune judoka apprend également de nombreuses façons de tomber sur le tatami sans se blesser. La durée effective d'un combat n'est que de cinq minutes, mais le judo est un sport épuisant. Pendant l'affrontement, les adversaires subissent la pression du temps car le règlement impose d'attaquer très régulièrement. Jusqu'au bout, le judoka doit donc être capable de réaliser ses prises et ses projections avec précision, ce qui réclame à la fois concentration, endurance et puissance. La capacité de réaction, elle aussi, est importante et peut s'améliorer grâce

à des exercices simples. Mais pour faire tomber son adversaire, une qualité est absolument nécessaire : une assise stable, donc un bon sens de l'équilibre. Chacun peut l'exercer chez soi.

► Le judo développe l'agilité corporelle plus efficacement que n'importe quel autre sport. Il a aussi une influence positive sur le développement personnel puisque ses règles imposent de respecter l'adversaire et l'arbitre. Il est possible de contrôler ses chutes et donc d'éviter des blessures graves, ce qui peut être aussi très utile dans la vie de tous les jours, notamment pour les enfants.

■ Les judokas souffrent souvent du dos, car leurs muscles se contractent à l'extrême au cours des combats. Si l'on adopte pendant plusieurs années une mauvaise technique de projection, les articulations, notamment celles des bras, peuvent devenir douloureuses. L'engagement physique très fort et les contacts directs avec l'adversaire peuvent être dangereux pour les doigts, les genoux et les chevilles.



POUR RENFORCER LES PRISES

Les judokas ne cessent de s'agripper au kimono de leur adversaire ou de l'attraper aux jambes et aux pieds pour essayer de le renverser. Les différentes techniques de projection nécessitent, en plus d'une bonne coordination, une prise sûre et efficace. Les pratiquants peuvent s'entrainer spécifiquement pour l'améliorer : par exemple, en tendant les doigts puis en refermant rapidement le poing; ou bien à l'aide d'une serviette éponge. On l'enroule sur elle-même, puis on la tord le plus fortement possible, comme si on voulait l'essorer.



LE BUT : FAIRE TOMBER L'ADVERSAIRE

Un combat ne dure souvent que quelques minutes mais les judokas doivent toujours rester en mouvement,

Les disciplines apparentées

D'autres arts martiaux que le judo permettent



Règles strictes et code de bonne conduite.

LE KARATÉ

Au karaté ou «main vide» on apprend, outre les techniques de défense, un code de bonne conduite qui prescrit des règles précises et met en valeur certaines vertus comme la modestie, la sincérité ou la maîtrise de soi. Les coups de pied et de poing,

donnés lors de combats aussi bien fictifs que réels, sont propres à cet art martial venu du Japon.

LE TAEKWONDO, LE JIU-JITSU, LE KICKBOXING

Le premier se pratique avec un équipement composé d'une veste rembourrée, d'un casque, et de protections aux bras et aux tibias. Dans cet art martial coréen qui se concentre sur la défense, agripper son adversaire n'est pas permis. Les coups de



demande force, endurance et concentration, notamment pour réattaquer sans cesse, tout en étant capables de réaliser les prises avec le plus de précision possible.

d'apprendre l'art du combat.



Taekwondo: les coups de pied sont permis.

pied (au ventre et à hauteur de tête), souvent exécutés en sautant, eux, sont autorisés. Le jiu-jitsu ou «calme combat» qui vient du Japon est dérivé d'une technique de lutte autrefois utilisée par les samouraïs. Il autorise les coups, la projection et l'étranglement. Le

kickboxing, discipline encore jeune, réunit des principes provenant des arts martiaux asiatiques et de la boxe. Le coup de pied à la tête (protégée par un casque) y est fréquent, ce qui oblige les kickboxers à avoir des hanches extrêmement souples.

LA BOXE

Elle demande rapidité, endurance et puissance. Pour tenir toute une rencontre, un boxeur doit être en bonne condition physique, mais aussi maîtriser les gestes d'attaque et de défense pour pouvoir les exécuter automatiquement. Il est par conséquent primordial de posséder la technique avant de combattre. Même si l'on ne participe pas à des combats, la pratique de la boxe demeure un bon entraînement physique.



Pour développer la puissance du corps.

L'équilibre et la réactivité

DÉVELOPPER LE SENS DE L'ÉQUILIBRE

En s'aidant d'accessoires, les judokas apprennent à rester centrés, même en étant en mouvement.



ROTATIONS

Debout sur une ou des planches d'équilibre, tendre les bras et tirer sur une sangle extensible en tournant le torse de droite à gauche.



«FAUCILLE»

Une jambe est immobile et l'autre se déplace d'avant en arrière. Variante: la jambe et les bras tirent sur une sangle extensible.



BALANCIER

Debout, balancer une jambe d'avant en arrière jusqu'à se tenir à l'horizontale. Variante: avec un élastique de gymnastique.

EXERCER LA RÉACTIVITÉ Les judokas doivent parer certaines attaques en un clin d'œil. Une faculté développée par ces exercices.



DÉFENSE INTUITIVE

Un partenaire touche l'autre, aux yeux bandés, sans annoncer sur quelle partie du corps. Le judoka «aveugle» doit saisir son bras le plus vite possible.



VITESSE

Se placer à plat ventre sur le sol, les mains près des épaules. Puis, au signal, se mettre debout le plus vite possible et partir en sprintant.

Faire reculer ses limites

Pour que les muscles deviennent plus vigoureux ou le restent, il est nécessaire de les mettre régulièrement à rude épreuve. Les exercices, eux, sont assez simples.

Du point de vue de l'ingénieur, la force est - schématiquement - une grandeur physique capable d'accélérer ou de déformer une masse. Un spécialiste des sciences du sport, lui, y verra la capacité à se confronter à une résistance, à s'y opposer et à la surmonter.

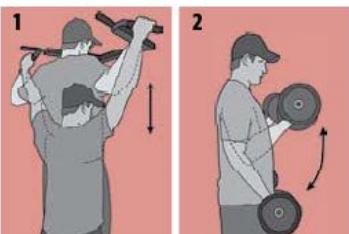
La force musculaire est ainsi la condition nécessaire de tout mouvement humain. On peut l'accroître de différentes façons. Les adeptes du bodybuilding, par exemple, augmentent le volume de leurs fibres musculaires en soulevant toujours

de la même façon des haltères de plus en plus lourds. Cette pratique stimule la croissance en largeur des muscles des bras et de la poitrine. Cette méthode a cependant un inconvénient. Le muscle gagne en volume et en force, mais cela ne lui permet que de réaliser un mouvement très spécifique, d'avant en arrière, un geste que l'on utilise très rarement dans les sports traditionnels. Si l'on désire accroître sa force pour progresser dans une discipline particulière, mieux vaut donc opter pour d'autres exercices. Voilà pourquoi, surtout dans le sport de compétition, on adapte le travail de fond à des besoins spécifiquement liés à la discipline en question. Ce type d'entraînement, dit fonctionnel, augmente la puissance en favorisant la coordination entre différents muscles et articulations. Le principe est de combiner plusieurs mouvements (par exemple faire des pompes tout en tournant le corps),

afin que plusieurs groupes musculaires soient sollicités en permanence. L'idée n'est pas vraiment nouvelle. En effet, la plupart des postures de yoga sont conçues pour faire travailler plusieurs muscles en même temps. C'est aussi le cas du qi gong (une gymnastique chinoise fondée sur la maîtrise de l'énergie) ainsi que du Pilates. Dans ces disciplines, les exercices impliquent d'exécuter des enchaînements complets de gestes, et pas seulement de contracter tel ou tel muscle. Toutes les trois peuvent parfaitement compléter la pratique d'un autre sport.

► L'entraînement fonctionnel augmente la vigueur et la mobilité. Il stabilise les articulations et diminue les risques de blessure.

■ Plus les muscles sont entraînés, plus il faut exiger d'eux. Pour l'entraînement dit «fonctionnel» (qui fait travailler un ensemble de muscles et d'articulations), on ne peut pas facilement accroître les charges. C'est une contrainte forte à la différence du bodybuilding, où l'on se contente d'augmenter le poids à soulever.



DES MOUVEMENTS EFFICACES

Une série de tractions (1) permet de faire travailler plusieurs muscles en même temps. En plus des biceps, on sollicite les muscles de la nuque et du dos. Plus les mains sont éloignées l'une de l'autre sur la barre, plus le dos est sollicité ; à l'inverse, plus l'écartement est étroit, plus la charge se porte sur les biceps. Si, en plus, on tend lentement les jambes sur le côté pendant qu'on se soulève, on fait participer aussi le bassin et les abdominaux. En comparaison, soulever des haltères (2) est beaucoup moins efficace car seuls les biceps travaillent. Les autres muscles ne se développent guère.

Des techniques pour gagner en puissance



LE PILATES SOLICITE CHAQUE PARTIE DU CORPS

Le principe du Pilates est d'exercer en même temps. On peut réaliser ces «travaux» sur un matelas, ou en

D'autres pratiques

Vélo d'intérieur, Power Plate... On trouve, dans



Des exercices brefs mais très intenses.

Elle consiste, par exemple, à soulever des haltères jusqu'à ce que les bras n'en puissent plus. La raideur signale à l'organisme que les muscles sont surmenés. Pour compenser cet effort, ils augmentent alors rapidement leur masse. Cet entraînement peut aussi être utile pour les sports d'endurance.

Les cyclistes pratiquent le HIT en utilisant des vélos d'intérieur. Ils enchaînent de huit à douze séances pendant lesquelles ils roulent le plus vite possible

LE HIT

Le High Intensity Training se fonde sur une mobilisation brève mais particulièrement intense des muscles.



différents muscles et articulations, notamment ceux du bassin, du dos et du ventre, utilisant des appareils spéciaux, comme ce trapèze-Pilates.

les salles, différentes machines conçues pour stimuler les muscles.

pendant soixante secondes. Puis ils se reposent, de soixante à soixante-quinze secondes entre chaque série. Inconvénient : le HIT rallonge le temps de régénération du corps. Il ne doit donc être pratiqué que quelques semaines par an, pour éviter le risque de blessure.

LES VIBRATIONS

Une machine vibrante (appelée Power Plate ou Galileo) soumet le corps à un léger tremblement continu, ce qui provoque par réflexe la contraction

des muscles. Les effets positifs sont nombreux car les vibrations favorisent la souplesse, la mobilité et la solidité des os, participent dans une certaine mesure au renforcement musculaire et développent le sens de l'équilibre et la capacité de réaction. Cette méthode convient aux personnes âgées qui peuvent ainsi renforcer leurs muscles sans trop les solliciter. On peut aussi utiliser ces machines vibrantes en complément d'un autre programme d'entraînement. Enfin,



Pour développer provisoirement les muscles.

les vibrations détendent le corps, un peu à la manière des massages. Cependant, la liste des contre-indications est longue.

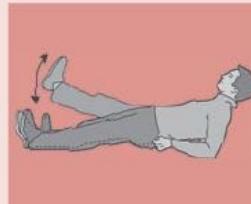
Un entraînement progressif

EXERCICES STATIQUES Assis, allongé ou à genoux, on développe plusieurs groupes musculaires. Le torse ne bouge que de quelques centimètres.



LE COUREUR ASSIS

Les jambes tendues, on reste assis bien droit les bras pliés à 90°. Puis, on fait avec les bras et les épaules les mêmes gestes que durant un jogging.



LE CORPS-PLANCHE

Allongé au sol en appui sur les avant-bras et les talons. Le dos, tendu, ne doit pas toucher le sol. On soulève lentement une jambe, puis l'autre.



ROTATION

Assis sur les talons, dos incliné, on place les bras sur le côté à angle droit, puis on les tend en avant. On tourne ensuite légèrement le torse.

EXERCICES DYNAMIQUES Le torse est davantage en mouvement dans ces exercices assez difficiles qu'on peut n'exécuter qu'en partie.



POMPES

Faire un mouvement de pompe classique. En position haute, on avance une jambe, puis l'autre pour amener un genou entre les bras.



SUPERMAN

On tient de petits haltères à hauteur d'épaule, les paumes orientées vers l'avant. On fait glisser une jambe en arrière et on tend les bras en avant.



FLEXION

A partir de la position debout, on plie les genoux bras tendus, puis on se relève en soulevant successivement les deux genoux.

Idéal pour les articulations

Lorsque l'on pagaie énergiquement, de nombreux muscles, de la tête aux pieds, travaillent. Le système articulaire, lui, est très peu sollicité.

Le mot canoë vient du caribéen «canoá» (barque de bois) mais le modèle original ne correspond bien sûr plus à ce que nous connaissons aujourd'hui. On distingue le canoë du kayak, principalement par le type de pagaie utilisée ; celle du canoë n'a qu'une pale, celle du kayak deux.

En compétition, différentes disciplines coexistent : la régate, le slalom, le slalom en eau vive, les courses de pirogue et le kayak-polo. Chez les sportifs amateurs, la randonnée en kayak est très populaire ; elle offre le plaisir d'une promenade sur une rivière sans le stress de la compétition. C'est, dans le monde, la forme la plus répandue de ce sport. Grâce à des mouvements continus et à un rythme régulier, le canoë n'est pas trop éprouvant pour l'organisme. En fait, l'effort que ce sport demande dépend des objectifs de chacun. Descendre un fleuve à la pagaie (lorsqu'on ne se laisse pas simplement dériver) sollicite différents muscles. Ceux des bras et des épaules font le plus gros du travail, mais les muscles de la poitrine, du ventre et du dos, qui stabilisent le torse, sont presque aussi importants pour bien avancer. De leur côté, les cuisses et le bassin compensent les légères secousses qui peuvent agiter le canot. Pour partir en randonnée, il n'est pas indispensable de maîtriser toutes les manœuvres à la perfection, quelques notions de base sont suffisantes.

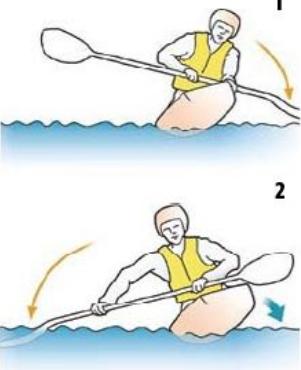
1

Les muscles de la poitrine, du ventre et du dos, qui stabilisent le torse, sont presque aussi importants pour bien avancer. De leur côté, les cuisses et le bassin compensent les légères secousses qui peuvent agiter le canot. Pour partir en randonnée, il n'est pas indispensable de maîtriser toutes les manœuvres à la perfection, quelques notions de base sont suffisantes.

2

Les sports de rame, quelle que soit la discipline, renforcent des groupes musculaires que l'on utilise peu habituellement, comme ceux des épaules et du torse. La randonnée en kayak peut être pratiquée même par des personnes aveugles (accompagnées), malentendantes ou handicapées.

Les personnes qui travaillent assises la majorité du temps et qui s'adonnent au canoë ou au kayak régulièrement risquent de voir survenir des problèmes de mobilité au niveau des hanches, voire développer une hyperlordose lombaire (l'hyperlordose est une courbure trop importante de la colonne vertébrale qui accroît les risques de lésions musculaires). Bref, les sports de rame sont déconseillés à ceux qui souffrent du dos. Les débutants doivent être prudents lorsqu'ils participent à de longues randonnées, car ils enfoncent la pagaie dans l'eau et tirent dessus avec trop de force. Leurs articulations en pâtissent et le risque de tendinite (des poignets, des épaules et des coudes) augmente.



STABILISER LE CANOT

Lorsque le canot penche d'un côté, les débutants ont souvent le réflexe d'incliner le buste vers l'autre côté (1). Mais cela ne fait que déstabiliser davantage l'embarcation, qui menace alors de chavirer. Les navigateurs confirmés préfèrent utiliser la pagaie comme outil de stabilisation (2) en pratiquant l'appui poussé. Contrairement à sa tendance naturelle, il faut se pencher un peu dans le sens de gîte et appuyer horizontalement le plat de la pagaie à la surface de l'eau. La pale va légèrement s'enfoncer. Il faut alors veiller à ce qu'elle ne s'incline pas en piquant vers le fond.

Bras et jambes font le plus gros de la tâche



L'ART DE PAGAYER

Peu d'autres sports s'adaptent aussi simplement aux si l'on avance par coups de pagaie appuyés. Et si l'on

Les disciplines apparentées

Ramer seul ou en équipe en tournant le dos à



Tous ensemble et en rythme.

L'AVIRON

La différence la plus évidente avec le canoë réside dans l'orientation du regard. Sur un bateau d'aviron, on tourne le dos au point d'arrivée. On peut

utiliser soit une rame unique (une rame par personne), soit des rames «deux de couple» (deux rames par personne). Grâce à des mouvements continus, l'aviron est



objectifs de chacun. On peut fortement solliciter les muscles des bras et des épaules ne recherche pas la performance, il suffit de se laisser dériver.

sa destination, ou bien debout, une longue pagaie en mains.

une activité propice à la prévention des risques cardiaques. C'est aussi une alternative pour les sportifs souffrant du genou, car lorsqu'on rame, l'articulation du genou effectue toujours le même mouvement.

LE PADDLE SURF

Ce sport né à Hawaii conjugue des principes du surf et du canoë. Le «paddler» debout sur une planche se déplace grâce à une longue pagaie. On distingue plusieurs formes de la discipline avec différents types



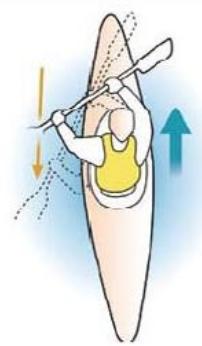
Le «paddler» se propulse avec sa pagaie.

de planche : les courses en mer avec des planches longues, la glisse sur vague, ou le paddle surf en eau vive avec des planches plus courtes. Plus la planche est large, plus

elle est stable et plus simples sont les premières tentatives. Généralement, sa largeur se situe autour de soixante-quinze centimètres pour les débutants.

Les techniques pour ramer

L'IMPULSION ou coup de pagaie en kayak, peut faire appel à différents gestes techniques qui amènent à pousser dans l'eau avec la pagaie.



LE COUP SIMPLE

Pour avancer droit, il faut placer la pagaie le long du canot et l'amener vers l'arrière. C'est le torse entier, et pas seulement le bras, qui doit guider le mouvement. On sort ensuite la pagaie de l'eau, on la soulève à hauteur de hanches, puis on change de côté.



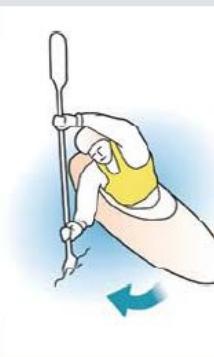
LA PROPULSION CIRCULAIRE

Afin de faire pivoter le canot, la pagaie est tenue le bras tendu, et poussée dans l'eau en même temps que l'on tourne le torse. Dans la dernière phase de la manœuvre, on ramène la pagaie contre le canot. Le mouvement doit décrire un arc de cercle.



LA PROPULSION CIRCULAIRE ARRIÈRE

La réalisation de ce déplacement permet de diminuer la vitesse ou de changer de direction. Ici aussi, il est important de toujours tourner le buste. Plus la deuxième phase est exécutée avec énergie, plus la manœuvre est efficace.



L'ANCRAGE

Pour monter une pente raide sans perdre de vitesse, on plonge la pagaie dans l'eau à la verticale et on la bloque avec les deux mains. On tourne ensuite le corps et le canoë autour de cet axe. Cette technique est plutôt réservée aux kayakistes confirmés.

Un match, 1 000 actions

Partir en sprint subitement, puis changer aussi vite de rythme, de direction... Le football est un exercice très complet qui enseigne, de surcroît, le travail en équipe.

Le football est un sport d'endurance assez spécifique. Si l'on se fie aux statistiques, les joueurs passent en effet la plus grande partie d'un match arrêtés, à marcher ou, tout au plus, trottiner. Le reste du temps, ils courrent à un rythme soutenu. Les professionnels peuvent parcourir jusqu'à quatorze kilomètres pendant un match.

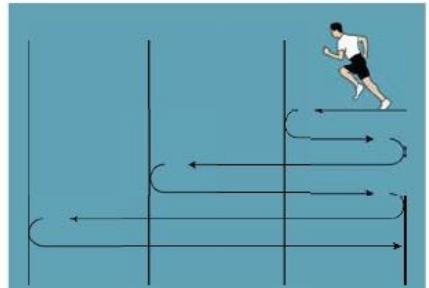
Ils doivent même tenir, le cas échéant, pendant les prolongations. C'est avant tout le passage constant de phases de repos à des phases beaucoup plus

intenses qui rend le football si fatigant, y compris pour les joueurs amateurs. Pour que les joueurs soient capables de sprinter même à la fin du match, les médecins du sport leur recommandent de travailler deux aspects en particulier. Tout d'abord l'endurance qui permet de supporter les fréquents changements de rythme. Le meilleur entraînement en la matière est d'enchaîner des sessions de course à intervalles réguliers. Par exemple, quatre fois 1 000 mètres, avec de courtes pauses entre deux courses. Les footballeurs doivent ensuite travailler leur vitesse ; des exercices simples permettent de l'améliorer, au démarrage et en pointe.

Second aspect déterminant : la maîtrise de son corps. Un professionnel prend part à plus de mille actions par match, avec ou sans la balle, avec ou sans adversaire. Le plus souvent, il s'agit de duels, d'interventions de la tête, de changements brusques de direction. Un joueur, enfin, doit avoir un bon sens tactique et savoir comment se positionner par rapport à ses coéquipiers. Lors d'une attaque par exemple, il doit se trouver le plus loin possible de ses partenaires, alors qu'en défense, ils ont intérêt à former un bloc compact devant la surface de réparation. Pour gagner, l'alchimie collective est décisive. En effet, 70 % des buts inscrits dans le football professionnel font suite à une passe, et très rares sont les buts marqués par une action individuelle.

► Perte de poids et diminution des risques cardiaques, amélioration de la maîtrise du corps.

■ Le football est un sport assez dangereux. On compte de seize à trente-cinq blessures toutes les 1 000 minutes de jeu. Les plus fréquentes touchent les jambes. Travailler l'endurance diminue ce risque et raccourcit le délai de retour à la compétition.



D'UN CÔTÉ À L'AUTRE

Au cours d'un match, les footballeurs ne cessent de changer soudainement de direction, pour pouvoir repartir le plus vite possible en sprint. Si l'on veut améliorer ses performances, la course en ligne est recommandée. Sur le terrain, des plots sont placés, de plus en plus éloignés les uns des autres. Le joueur sprinte jusqu'au premier plot, puis revient en courant au point de départ, repart ensuite en sprint vers le plot suivant et ainsi de suite. Plusieurs joueurs peuvent courir en même temps pour développer aussi leur esprit de compétition.

Travailler l'endurance et le sens tactique



ONZE CONTRE ONZE

Engagement maximal jusqu'à la dernière minute. Les physiques. D'autant plus que les règles de remplacement,

Les disciplines apparentées

De nombreux sports de balle et de ballon



Un sport qui améliore la concentration.

LE HANDBALL

Il favorise les changements de direction soudains et nécessite une technique de lancer très précise. Certains professionnels peuvent lancer la balle à plus de 130 km/h. Un débutant a tendance à faire de grands mouvements qui fatiguent les articulations. Il doit d'abord s'approprier les gestes. Comme au foot, le jeu tourne autour de situations complexes où il faut prêter attention à plusieurs paramètres : attraper la balle en pleine course, situer rapidement les partenaires et les adversaires, et anticiper les actions à venir. Tout cela améliore la concentration et la vitesse d'exécution, d'autant plus qu'au handball, il n'y a pas de phases de transition ; on passe directement de la défense à l'attaque.



changements de rythme incessants et les longues distances rendent le football très limité à trois joueurs, sont plus contraignantes que dans les autres sports collectifs.

développent dextérité, coordination et esprit collectif.



On passe très vite de l'attaque à la défense.

LE BASKET-BALL

Ce sport exige lui aussi de courir vite et de se déplacer avec agilité. Et lui aussi se caractérise par le passage très rapide de la défense à l'attaque. Les professionnels parcourront en moyenne cinq kilomètres par match, dont seulement

un quart à un rythme lent. Les blessures à la cheville sont six fois plus fréquentes que dans les autres sports collectifs. Des exercices sur une planche d'équilibre renforcent les articulations.

LE VOLLEY-BALL

Au volley, il n'y a pas de contact avec l'adversaire (sauf au filet). Les blessures se produisent donc le plus fréquemment quand les joueurs, après un saut, retombent à terre. La plupart des actions



Eprouvant pour les chevilles et les épaules.

ont lieu en l'air, entre 2,20 et 3,70 mètres au-dessus du sol. Les joueurs de grande taille, ou ceux qui ont une bonne détente, sont évidemment avantagés. Le volley-ball est éprouvant pour les chevilles et les épaules, que l'on peut toutefois protéger par un entraînement spécifique.

Des exercices de rapidité

LE RYTHME EST UN ATOUT Les footballeurs peuvent, après l'échauffement, travailler démarages et vitesse de pointe avec ces exercices.



SAUT ET PAS DE CÔTÉ

Se positionner debout sur un step ou un bloc bien stable, les deux pieds proches l'un de l'autre. Tenir les mains le long du corps, sauter du step et, immédiatement après la réception au sol, enchaîner par un grand pas de côté. Cet exercice fait travailler la vitesse au démarrage.



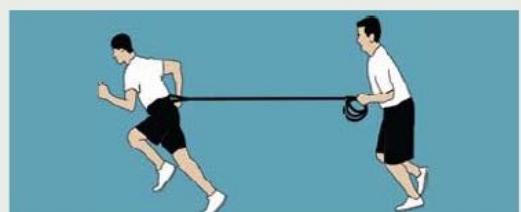
SAUTS RÉPÉTÉS

Sauter d'un step, puis, après réception, enchaîner immédiatement par un saut vers un deuxième step en retombant derrière. Entre les deux, l'intervalle doit être de 90 à 100 centimètres. Pour augmenter la difficulté, on peut placer plusieurs steps les uns après les autres.



SAUT DE CÔTÉ

Se placer debout sur une jambe et replier l'autre vers l'arrière pour s'accouvrir légèrement. Faire un saut dirigé à la fois vers le côté et vers l'avant en se réceptionnant sur l'autre jambe. Enchaîner dans l'autre sens. Accompagner le mouvement en projetant les bras vers l'avant.



SPRINT AVEC RÉSISTANCE

Passer une ceinture reliée à une sangle élastique dont l'autre extrémité est tenue par un partenaire. Partir en courant. Dès que la sangle se tend, le partenaire peut commencer à courir lui aussi, mais à un rythme plus lent afin de créer une résistance. En courant, garder le corps droit.

En force et en finesse

Parce que c'est le sport collectif qui laisse le moins de temps pour appréhender des situations nouvelles, le hockey développe la proprioception et la capacité de réaction.

Un bas-relief de la vallée du Nil montre deux hommes se disputant une balle à l'aide de bâtons, preuve que les sports de crosse existaient déjà dans les tout premiers temps de l'histoire humaine. Plus de 4000 ans plus tard, le hockey est présent sur l'ensemble des continents, avec deux variantes principales : le hockey sur gazon (qui se joue en extérieur sur des pelouses naturelles ou synthétiques) et le hockey en salle (pratiqué à l'intérieur d'un gymnase). Ces deux formes se distinguent surtout par

le nombre de joueurs dans chaque équipe et par la taille du terrain. Sur gazon, deux équipes de onze joueurs s'affrontent sur un terrain pouvant mesurer 91 mètres de long. En salle, les équipes ne comptent que six joueurs et le terrain est plus petit. Le hockey est plus facile à apprendre en salle parce que le nombre restreint de joueurs permet aux débutants de participer davantage au jeu. Ils maîtrisent donc plus rapidement les principes de base. Jouer au hockey nécessite d'être endurant, de courir vite et d'avoir une très bonne capacité de réaction. Par ailleurs, il impose un entraînement spécifique pour renforcer le dos. La technique de frappe et de conduite de balle, à cause de la petite taille des crosses, oblige en effet à se tenir toujours penché. Il est conseillé aux débutants de travailler leur musculature dorsale pour éviter de voir apparaître peu à peu des problèmes sérieux.

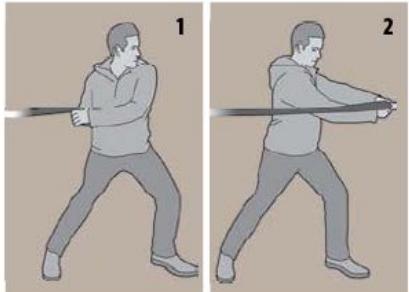
Pour tirer fort, il faut en outre muscler les bras et la poitrine. Quand on frappe

La crosse, fine, nécessite des mouvements précis

dans la balle de toutes ses forces, elle peut facilement atteindre la vitesse de 160 km/h. Par prudence, les joueurs portent donc généralement un protège-dents en plus de leurs protège-tibias et de leurs protections aux chevilles.

► Le hockey sollicite beaucoup de groupes musculaires, développe la capacité de réaction et permet de mieux contrôler son corps. La balle et la crosse peuvent être la cause de déchirures ou d'hématomes mais, à la différence du football, les blessures graves sont rares.

■ Déconseillé en cas de problème à la colonne vertébrale, en particulier dans la région lombaire. Eviter de jouer sur de la pelouse synthétique si l'on souffre du genou, car cette surface est plus éprouvante pour les articulations que les pelouses naturelles.



PARVENIR À FRAPPER FORT

Une balle frappée avec une crosse de hockey peut atteindre une vitesse très élevée. Mais pour cela, le joueur doit avoir les muscles des bras et de la poitrine très puissants et capables de libérer leur force en peu de temps. On peut leur faire gagner de la vigueur à l'aide d'une sangle extensible. Celle-ci est accrochée à un mur ou un pilier, à hauteur de coude. On se stabilise en écartant légèrement les jambes avant d'attraper des deux mains la sangle sur le côté (1). Ensuite, on déplace les bras de l'autre côté du corps jusqu'à ce que le bras extérieur soit tendu (2). Plus on donne un à-coup bref et énergique, plus l'exercice est efficace.



LA BALLE ET LA CROSSE

Les joueurs doivent maîtriser différentes techniques de plat de la crosse, jamais avec le côté rond ni une partie

Les disciplines apparentées

Le principe est le même que pour le hockey :



Sur la glace, le hockey est rapide et violent.

LE HOCKEY SUR GLACE

A la différence du jeu sur gazon, les contacts physiques (bloquer son adversaire avec la hanche ou l'épaule) sont autorisés. Ce sport est de fait beaucoup plus agressif, les blessures plus nombreuses et l'effort plus violent pour les

articulations. Il nécessite un bon sens de l'équilibre et une très grande puissance, notamment dans les cuisses. Les joueurs de hockey sur glace vont aussi beaucoup plus vite, jusqu'à 40 km/h.

ROLLER HOCKEY

Cette discipline est assez proche du hockey sur glace mais se pratique avec des patins en ligne («hockey in line») ou des patins classiques («rink hockey»). Les règles sont aussi plus simples, (absence



frappe pour passer, pousser ou lever la balle qu'ils ne doivent toucher qu'avec le côté du corps. Et défense de toucher la crosse d'un adversaire ou d'attaquer par la gauche.

deux équipes, des crosses, des buts.



Il faut allier force et vitesse, en roulant.

de hors-jeu) que sur glace et, comme au hockey sur gazon, les contacts physiques sont proscrits, sauf si l'on joue dans la rue («street hockey»). Les zones sollicitées sont les mêmes qu'au hockey sur glace. Pour stabiliser le corps lancé à pleine vitesse, les cuisses

et le torse des joueurs doivent être puissants. Pour débuter, savoir patiner suffit.

LA CROSSE

C'est une sorte de sport national au Canada depuis que des colons ont été initiés au jeu par les populations amérindiennes. Au moyen d'une crosse au bout de laquelle se trouve un petit filet, les joueurs doivent essayer d'attraper la balle et de la propulser dans le but adverse.

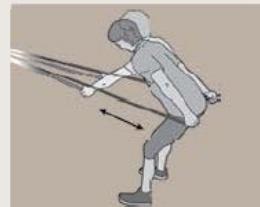


En canadien anglophone, c'est le «lacrosse».

Les balles peuvent être lancées à plus de 160 km/h. Il faut être endurant et posséder une bonne capacité de réaction. Les hommes jouent avec casque et protection, et les contacts sont autorisés (ce qui n'est pas le cas chez les femmes).

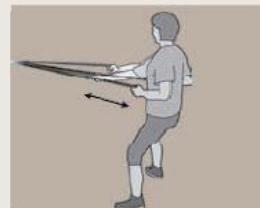
Des exercices pour le dos

AVEC UNE SANGLE EXTENSIBLE Le joueur est souvent penché en avant, son dos souffre. Ces exercices permettent de minimiser le risque de blessures.



LE RAMEUR PENCHÉ

Fixer la sangle par son milieu. Incliner le buste en avant, plier légèrement les genoux et tirer la sangle des deux mains, lentement, en arrière.



LE RAMEUR DÉBOUT

Saisir la sangle à deux mains par ses extrémités et tirer les bras d'avant en arrière. Les coudes doivent être pliés à 90° et le dos bien droit.

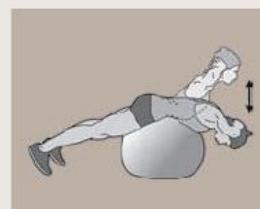


FLEXION AVEC BRAS

Placer la sangle sous les pieds et la tirer légèrement vers le haut en fléchissant les genoux. Tout en gardant le dos plat, lever les bras dans le prolongement.

AVEC UN BALLON DE GYMNASTIQUE

Pour renforcer les muscles du dos qui stabilisent le torse et doivent compenser sans cesse les mouvements de la balle.



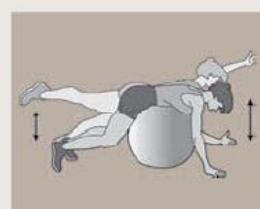
ÉTIREMENT DU TRONC

Poser la poitrine sur le ballon, les mains derrière la tête et les jambes tendues. Soulever le haut du corps et tenir le plus longtemps possible.



ROTATION DES ÉPAULES

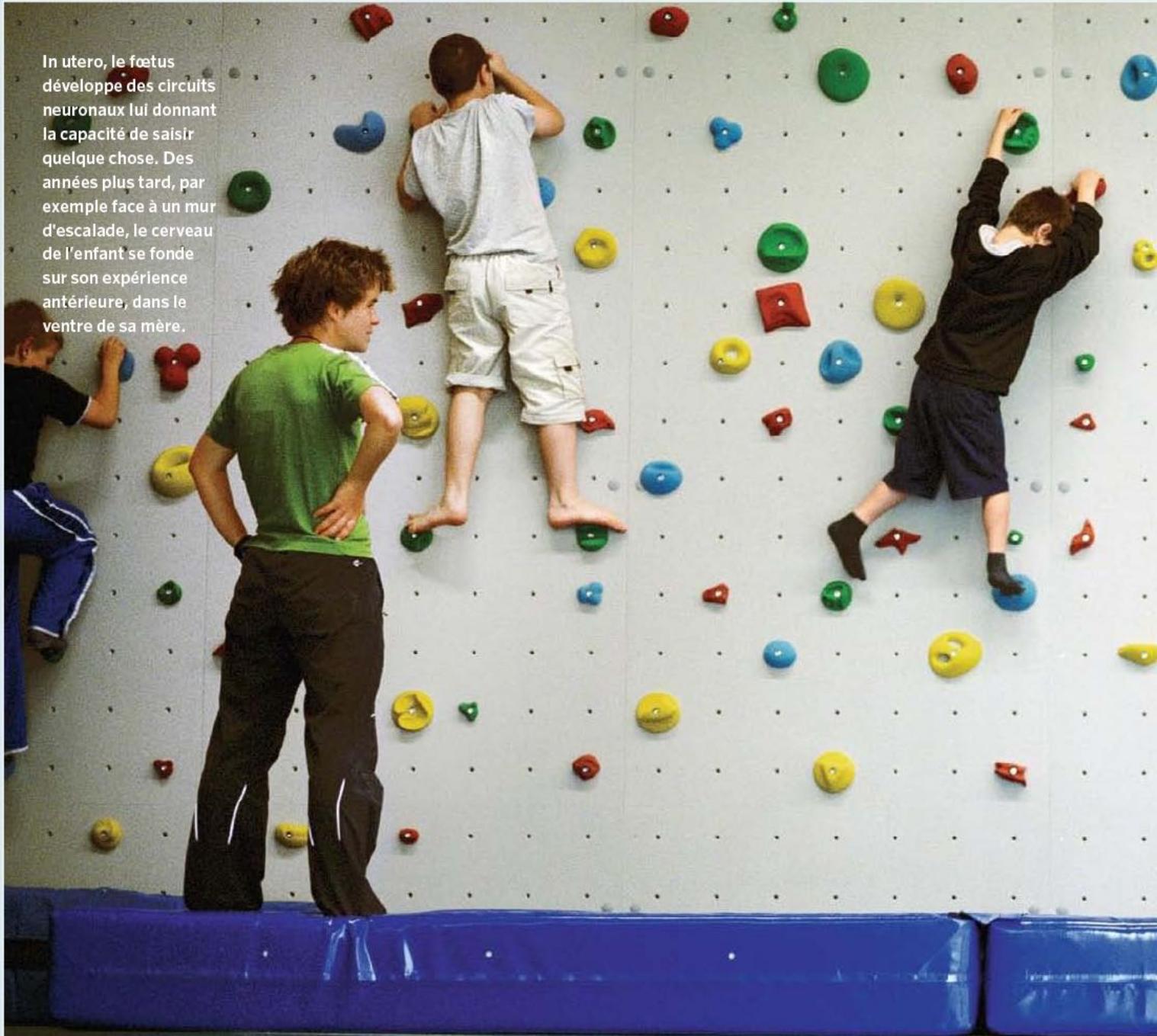
Les bras pliés à angle droit devant le torse, soulever deux petits haltères sur le côté jusqu'à ce que les bras soient complètement à l'horizontale.



ÉQUILIBRE BRAS-JAMBE

Lever le bras droit et la jambe gauche, tout en maintenant le ballon bien stable avec le tronc. Ensuite, inverser le bras et la jambe.

In utero, le fœtus développe des circuits neuronaux lui donnant la capacité de saisir quelque chose. Des années plus tard, par exemple face à un mur d'escalade, le cerveau de l'enfant se fonde sur son expérience antérieure, dans le ventre de sa mère.



Le développement

«Chaque enfant est doué pour le sport»



Pourquoi les enfants doivent-ils marcher le plus longtemps possible à quatre pattes ? Que leur apporte le jeu ? Comment les parents peuvent-ils déceler et encourager leurs talents sportifs ? Les réponses du neurobiologiste **GERALD HÜTHER**.

Par Henning Engeln, Jörn Auf dem Kampe
(traduction : Liora Stuhrenberg) et Andreas Reeg (photos)

GEO Savoir: Pourquoi un enfant de 3 ans est-il incapable d'attraper une balle ?

Gerald Hüther: Lorsqu'un enfant grandit, il accomplit seul ses premiers mouvements, comme saisir un objet ou marcher à quatre pattes. Recevoir une balle, en revanche, constitue un geste qu'il ne contrôle pas entièrement. Soudain, un objet se rapproche de lui et il doit réagir. Il lui faut apprendre à coordonner ses yeux et ses mains. Son cerveau doit répondre à l'arrivée de la balle par une réaction complexe. Cela nécessite une faculté entièrement nouvelle.

Comment un enfant apprend-il à bouger ? Cet apprentissage commence-t-il dans le ventre de sa mère ?

In utero, l'un des tout premiers mouvements que l'enfant accomplit est celui d'expirer.

Il expire dans le ventre de sa mère ?

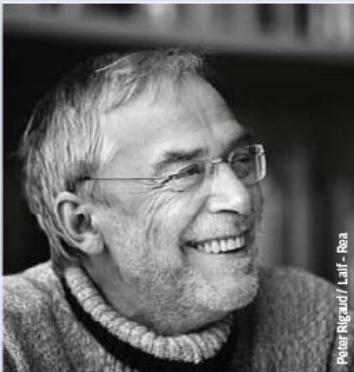
Oui. Avant la naissance, les poumons se forment et, en même temps, ils commencent à recevoir du sérum de façon constante par l'approvisionnement en sang. Les poumons se remplissent alors de liquide, et non pas d'air. Lorsque les côtes et les muscles les entourant ainsi que le péritoine sont suffisamment développés, les muscles du fœtus réagissent à cette pression en se contractant. C'est ainsi que se déroule une des premières expériences du mouvement.

Et ensuite, que se passe-t-il ?

Les muscles sont déjà reliés au cerveau, auquel ils signalent qu'une expiration est en train de se produire. Une interconnexion type est ainsi activée. Quand cela se passe de façon régulière, ce schéma dont le fœtus a besoin pour expirer s'ancre de façon de plus en plus effective dans son cerveau.

Pourtant, le fœtus n'a pas besoin d'air lorsqu'il est dans le ventre de sa mère. Alors, pourquoi effectue-t-il ce mouvement de respiration ?

Il s'agit d'un processus mécanique. Les poumons se remplissent automatique-



Neurobiologiste très réputé en Allemagne, Gerald Hüther conduit des recherches sur le développement cérébral des enfants et des adolescents.

enregistre alors ce que les capacités physiques du fœtus lui permettent de faire. Il apprend alors à les utiliser.

Plus précisément, comment fonctionne cet apprentissage ?

Lorsque les muscles sont assez développés pour se contracter, le cerveau le constate. Les neurones situés dans le cerveau envoient alors des impulsions aux muscles, qui vont amplifier cette contraction. Le cerveau l'enregistre de nouveau. Ainsi se dessine une boucle, un modèle neuronal, qui contrôle la contraction des muscles. À travers ces réactions réciproques des muscles et du cerveau, le mouvement devient progressivement plus coordonné et précis. Jusqu'à ce que, finalement, ces contractions des muscles deviennent un mouvement fluide.

Il n'existe donc pas de plan fixe et défini à l'avance ? Aucun programme génétique dictant le mouvement du pouce vers la bouche ?

Eh oui ! Tous les mouvements complexes résultent d'un apprentissage. Le cerveau se structure, même avant la naissance, à partir des signaux qui sont émis par le corps.

Quelles sont les implications d'une telle découverte ?

Cela signifie qu'à la naissance, chaque enfant possède un cerveau qui s'est façonné au cours de la grossesse en fonction de son propre corps. Il s'est formé parallèlement aux muscles et aux os, de façon à diriger les mouvements du corps pour lequel il s'est développé.

La façon dont le cerveau se forme varie donc selon les enfants ?

Oui. Prenons l'exemple d'un enfant dont la formation a été affectée à cause de la prise de thalidomide [prescrit dans les années 1950 et 1960 comme anti-nauséeux] par sa

mère pendant la grossesse, et qui n'a pas développé de bras. Dans ce cas, aucun signal émis par les muscles des bras ne parvient au circuit nerveux qui doit se structurer à partir du geste du bras. Ce

« Se retourner seul sur le ventre pour la première fois doit être une **expérience** incroyable »

les muscles au cerveau. À un moment donné, le bras de l'enfant commence à bouger. Or la construction du coude est telle que le bras ne peut se mouvoir qu'en direction de la tête. Le cerveau

circuit devient alors si sensible qu'il réagit même aux signaux provenant de la jambe, dont le réseau nerveux se situe juste à côté dans le cerveau. Et il se structure ainsi à partir des signaux provenant de la jambe. C'est pourquoi l'enfant qui va naître aura une capacité beaucoup plus grande à bouger ses jambes de façon coordonnée et précise. Pour simplifier, disons que ces enfants auxquels il manque quelque chose vont développer un talent particulier ailleurs.

Des différences physiques minimales ont-elles aussi une influence sur le cerveau ?

Oui. Prenons le cas d'un enfant qui aurait, déjà dans le ventre de sa mère, de grands bras et de grandes mains, hérités de son père, par exemple. Dans son cerveau se met en place une structure nerveuse qui va lui permettre de diriger ses grands bras et ses grandes mains. Cette structure sera différente de celle de son frère qui, lui, aura hérité la constitution physique de sa mère avec des petits bras. La construction du cerveau étant liée aux caractéristiques physiques du corps, les deux frères naissent avec des cerveaux différents.

Quelles sont les conséquences ?

Des systèmes nerveux distincts se sont formés, et c'est pourquoi, dès leur naissance, les deux frères ont une façon différente de bouger. Leurs systèmes nerveux se sont organisés de manière à diriger leurs membres le mieux possible. Lorsque les garçons vont arriver à la crèche, l'éducatrice dira par exemple : "Celui avec les grands bras n'est pas très doué pour les gestes précis, comme découper une feuille de papier avec une paire de ciseaux. En revanche, il arrive bien à taper avec un marteau ou à scier." Par ailleurs, le mouvement qui consiste à attraper un objet constitue la base pour la formation des circuits nerveux qui évolueront plus tard dans le cortex et interviennent dans les mécanismes de compréhension abstraite des choses. Lorsque l'enfant aux grands bras entrera à l'école, il est probable qu'il rencontre plus de difficultés dans beaucoup de matières que son frère doté d'une constitution physique différente.



Le cerveau de chaque enfant se développe en lien avec ses muscles, ses os et ses organes sensoriels. Il est ainsi adapté au corps qu'il doit piloter.

Tous les enfants apprennent-ils les mouvements dans le même ordre ?

La séquence globale est définie à l'avance. Les étapes successives du développement du corps ont lieu en général dans le même ordre chez tout le monde. Avec toutefois des variations à l'intérieur de cette séquence. Par exemple, les fœtus positionnés inconfortablement, trop à l'étroit dans le ventre de leur mère, n'arrivent pas à effectuer certains mouvements. Ainsi, les circuits nerveux responsables du pilotage de ces derniers ne progressent pas de façon optimale.

Existe-t-il d'autres éléments pouvant avoir un impact négatif ?

Oui, par exemple lorsque la mère est très stressée pendant sa grossesse. Sa paroi

abdominale se contracte et exerce une pression sur le bébé. Celui-ci réagit en se blottissant et en restant dans cette position. Plus tard, après sa naissance, lorsque quelque chose de désagréable lui arrivera, cet enfant aura tendance à reproduire ce mouvement de façon plus marquée que les autres enfants.

Le fait de pratiquer beaucoup de sport pendant la grossesse a-t-il une influence sur les capacités motrices du futur enfant ?

Non, mais une conséquence est claire. Lorsqu'une femme enceinte aime courir ou danser, son bébé perçoit ce sentiment positif de façon indirecte. Le plaisir ressenti par la mère entraîne une décontraction de sa paroi abdominale et une synchronisation de sa respiration et de son ***

●●● rythme cardiaque. Pour le fœtus, c'est un état plaisant et il découvre la sensation d'être remué en tous sens. Après sa naissance, il appréciera qu'on le soulève et le retourne, parce que dans le ventre de sa mère déjà, il aura associé ces mouvements à une sensation agréable. Si une femme est contrainte pendant sa grossesse de rester couchée pour des raisons médicales, il y a des risques que l'enfant réagisse avec angoisse lorsqu'il sera porté et remué.

Que peut-on faire alors ?

Ce n'est pas bien grave, car la mère pourra ensuite porter son enfant et le faire bouger avec douceur et tendresse. Il va accumuler des expériences positives en reliant ces gestes à des émotions agréables. Les femmes enceintes n'ont pas à se faire de soucis. Le plus important, pour elles et pour leur enfant, c'est qu'elles fassent ce qui leur procure du plaisir.

Quand un bébé apprend-il un mouvement pour la première fois ?

Lorsqu'il respire. Juste après la naissance, l'inspiration suit le processus d'expiration que l'enfant effectuait dans le ventre de sa mère. Les deux circuits nerveux qui en sont responsables sont déjà formés et reliés l'un à l'autre dans le cerveau. Dès qu'il naît, l'enfant apprend à les utiliser et à respirer.

Il faut donc apprendre à respirer. Mais il existe bien des réflexes ou des instincts, comme celui de téter ?

L'idée selon laquelle il existerait des modèles de réactions déterminés génétiquement a été de plus en plus démentie depuis dix ans. Nous nous sommes rendu compte que les interconnexions présentes dans le cerveau n'étaient pas innées, mais qu'elles se développaient progressivement par elles-mêmes. En effet, dès qu'un muscle s'active, le cerveau l'enregistre. Il réagit aussitôt et envoie des

signaux aux muscles qui répondent à leur tour. Il s'agit d'un processus de réaction mutuelle, par lequel l'enfant apprend progressivement à mouvoir son corps. Des appareils à ultrasons nous ont permis de voir que, déjà dans le ventre de sa mère, le fœtus utilise sa langue et son pouce. L'action de téter n'est donc pas vraiment nouvelle pour l'enfant lorsque sa mère l'allait pour la première fois.

Quel est le premier mouvement qu'apprend le nouveau-né juste après sa naissance ?

Emettre des sons. Il s'agit d'une forme de mouvement, puisque pour produire un son, les cordes vocales doivent être tendues grâce à des muscles.



A chaque étape du développement cérébral, l'enfant s'enthousiasme pour un nouveau type d'activité qui contribuera elle-même à ce développement.

On est bien dans le domaine de la motricité. Ensuite, il commence à attraper ce qu'il peut avec sa main, même s'il avait déjà acquis cette capacité avant sa naissance. Dans le ventre de la mère, en effet, des circuits neuronaux se sont développés lui permettant d'acquérir une capacité de préhension. Après, il apprendra à fixer ses yeux sur un objet et à le suivre du regard.

A 3 mois, un enfant relève la tête, et à 6 mois, il s'assoit. L'ordre d'apprentissage des mouvements est-il fixé d'avance ?

Il existe un ordre des choses effectivement, car on ne peut pas découvrir un nouveau mouvement tant que le circuit nerveux nécessaire n'existe pas. Il ne peut s'établir que grâce à de nouvelles interconnexions. Par exemple, le bébé doit d'abord s'entraîner à rouler sur le ventre, une performance formidable, avant de pouvoir se retourner.

Soudain, il est capable de se mettre dans une position qu'il a lui-même choisie. La première fois, cela doit représenter une expérience absolument extraordinaire à vivre.

Et ensuite, il marche à quatre pattes ?

Oui, et là encore c'est une révolution. L'enfant se rend soudain compte qu'il peut quitter un endroit. C'est comme passer de la sédentarité à la mobilité. Avant, il devait attendre que quelqu'un ou quelque chose s'approche de lui. Désormais, il est acteur.

Est-il est important de lui apprendre à marcher le plus tôt possible ?

Non, au contraire. Laissez-le marcher longtemps à quatre pattes. Pendant cette période, des fondamentaux se mettent en place et doivent s'ancrer dans son cerveau. Des interconnexions s'établissent. Elles permettent de coordonner les mouvements des bras et des jambes. Ainsi, le bras gauche et la jambe

droite avancent dans la même direction de façon synchronisée et inversement. Mais ce n'est pas la seule raison. Lorsque l'on marche à quatre pattes, les pieds sont incurvés vers l'arrière, ce qui crée une cavité au niveau de la voûte plantaire, qui doit être renforcée. Plus un enfant reste longtemps à quatre pattes, plus les muscles de cette cavité gagnent en vigueur. Lorsqu'il se mettra debout, il tiendra mieux sur ses pieds. Autre bénéfice : il pourra ainsi éviter une éventuelle opération de la hanche quand il aura 50 ans.



En jouant, les enfants testent leurs limites et expérimentent des mouvements. Ils peuvent ainsi potentiellement découvrir le sport qui leur convient le mieux.

Cela est-il indispensable ?

Oui, et il s'agit à ce stade d'un mouvement important. Apprendre à marcher, c'est apprendre se tenir debout et avancer, mais c'est aussi apprendre à bien tomber. Un enfant privé de cette expérience risque, plus tard, de se blesser plus grièvement que celui qui est souvent tombé quand il était petit. Ce n'est pas une bonne chose non plus d'enlever tous les obstacles qui se trouvent sur son chemin lorsqu'il commence à marcher. C'est en trébuchant contre ces obstacles et en tombant qu'il apprendra à les contourner. Et à se relever après une chute. Sans ce genre d'expérience, il lui est plus difficile de développer une personnalité forte.

A quoi d'autre faut-il prêter attention ?

Un enfant ne se développe de façon optimale que s'il apprend, dès son plus jeune âge, qu'il est apte à surmonter des défis. Cela ne fonctionne que si ces défis ne sont ni trop importants ni trop faciles. Ce degré de difficulté varie selon chaque enfant. C'est pourquoi les programmes visant à pousser l'apprentissage des enfants en les plaçant tous indistinctement devant les mêmes tâches à accomplir fonctionnent mal. Les enfants font leurs apprentissages les plus essentiels et formateurs lorsqu'ils peuvent explorer de façon autonome leurs capacités, et non pas lorsqu'ils

atteignent un objectif fixé par quelqu'un d'autre. Le mieux est de les laisser libres de faire ce qu'ils veulent.

Que devraient faire les parents pour que leur enfant apprenne à bien bouger ?

Il leur faut s'assurer que l'enfant n'est pas gêné dans son processus d'exploration et de développement de soi. Leur rôle est de lui offrir la chance d'expérimenter son potentiel, ses facultés et ses possibilités. Ils doivent lui laisser le temps de découvrir son corps et ce qui l'entoure. Le fait de jouer permet cette exploration de ses propres capacités et, ainsi, de renforcer sa personnalité.

Que faut-il éviter ?

Encourager très tôt des facultés précises chez son enfant, c'est risquer de ne pas lui laisser le temps de tester ses possibilités. Le pousser en permanence à faire une activité particulière, c'est le priver

Quelles sont les conséquences de ce genre d'éducation ?

Les enfants ne bougent plus d'eux-mêmes en suivant leurs envies, mais parce qu'ils sont obligés de le faire. Ils effectuent des mouvements qui leur sont dictés, c'est le cas par exemple des cours de danse classique, quand des gestes sont répétés des centaines de fois. Si l'enfant était parvenu, seul et dans un espace de liberté, à réaliser ces mêmes mouvements, il aurait éprouvé de la satisfaction. Comme il est contraint par autrui, son unique satisfaction est de voir sa mère se réjouir ou l'admirer.

En favorisant un seul type de mouvement, entrave-t-on le développement de tous les autres ?

Oui, il y a un risque. Il faut savoir qu'à partir du moment où l'on n'a qu'un seul objectif en tête, les autres processus de maturation ne peuvent pas s'accomplir.

Comment et à quel âge favoriser les capacités motrices de ses enfants ?

Le mieux serait que les parents ne se pensent pas comme des professeurs ou des coachs, mais plutôt comme des chasseurs de trésors. Qu'ils n'essaient pas d'enseigner en permanence quelque chose à leur enfant, mais qu'ils fassent attention à ce qu'il est en train de découvrir par lui-même, à ce qui l'intéresse ou qu'il expérimente pour la première fois. Dans tous ces cas de figure, l'impulsion vient de l'enfant parce que ses connexions cérébrales sont déjà assez développées. Cela vaut à l'âge de 1 an quand il commence à marcher tout seul, comme à l'âge de 12 ans où il a, par exemple, soudain envie de faire du tir à l'arc.

Vous avez dit qu'à 3ans, attraper une balle est une action très complexe. Comment un enfant apprend-il le geste ?

Dans ce genre de situation

également, l'enfant utilise des modèles qu'il connaît déjà. Quand il était bébé, il jouait avec un hochet ou suivait des yeux un mobile accroché au-dessus de son lit, s'exerçant alors à saisir un objet ou à ●●●

« Les parents doivent se penser comme des **chasseurs de trésors** et non des professeurs »

de ce moment essentiel d'apprentissage de soi-même. Cela vaut à tous les âges, mais plus un enfant est poussé jeune dans une direction, plus il va développer certaines facultés au détriment d'autres.

●●● fixer son regard sur un élément en mouvement. Lors de ces expériences, il a développé des capacités de coordination visuelle et motrice. Ce sont des exercices préparatoires, construisant les conditions préalables qui vont lui permettre, vers 3 ans, de parvenir à la coordination de sa main et de son regard lui fournissant la capacité d'attraper la balle. Selon la formule utilisée par les Britanniques : "Neurons that fire together will wire together". Traduction : des neurones qui transmettent des impulsions simultanément finissent par établir entre eux des liaisons fixes. Plus les circuits nerveux responsables de l'orientation des yeux et ceux dirigeant les mouvements du bras et de la main sont activés au même moment, plus ils vont se connecter l'un à l'autre de façon dense et complexe. Et lorsque l'enfant ressent du plaisir lors d'un tel processus, puisqu'il parvient de mieux en mieux à coordonner ses mouvements et à attraper la balle, des substances sont sécrétées dans le cerveau, qui viennent encore renforcer ces connexions.

Pour être maîtrisé, un mouvement doit être répété consciemment jusqu'à devenir automatique, inconscient. Que se passe-t-il alors dans le cerveau ?

Lorsqu'il s'entraîne à réaliser un nouveau mouvement, l'enfant n'a pas encore de circuit nerveux solide pour le piloter. Il doit le produire et le reproduire volontairement, d'où le développement progressif de connexions de plus en plus stables entre les cellules du cerveau qui permettent ce mouvement. C'est comme une forêt dans laquelle il n'existerait au départ que des sentiers rudimentaires qui, à force d'être empruntés, se transformeront en chemins.

Peut-on influencer un tel processus ?

Il s'opère plus rapidement s'il est associé à un sentiment de plaisir. Lorsque l'on apprend quelque chose avec enthousiasme, des substances sont sécrétées, qui agissent comme de l'engrais sur les liaisons nerveuses concernées et qui facilitent le développement du circuit nerveux. Le processus est alors dix, voire



Afin d'identifier le sport le mieux adapté à leur enfant, les parents doivent observer attentivement quels sont les mouvements qui le rendent heureux.

cent fois plus rapide. Sans l'activation des centres des émotions, sans envie ni passion, la nouvelle action ne pourra pas s'imprimer dans le cerveau.

Vous voulez dire qu'on ne peut pas apprendre sans enthousiasme ?

Un enfant apprend quelque chose s'il considère que c'est important ou s'il en a envie. Les parents doivent eux-mêmes montrer de l'enthousiasme.

Peut-on apprendre un mouvement en regardant les autres le faire ?

Oui, même si l'observation ne suffit pas. Il faut aussi éprouver un lien émotionnel. Les enfants apprennent beaucoup des enfants plus grands qu'eux, qu'ils tiennent pour modèles et regardent, fascinés, faire du vélo ou du roller.

Existe-t-il, d'un point de vue neurologique, des disparités entre les différents types de sport ?

Dans la gymnastique au sol, par exemple, l'enfant contrôle seul les chaînements, alors qu'au tennis il doit se concentrer sur les réactions de son partenaire. Les activités obligeant l'enfant à interagir avec d'autres personnes sont particulièrement bénéfiques pour son développement cérébral et moteur. La danse ou le cirque, par exemple. Dans ce genre de sport, l'enfant apprend non seulement à assimiler de nouveaux mouvements, mais aussi à prêter attention aux autres, à s'adapter et à s'accorder à eux. Voilà qui favorise la formation de liaisons

dans le lobe frontal et permet de développer des facultés fondamentales, comme les capacités d'identification ou le contrôle des pulsions.

Un enfant ne peut pas découvrir cela en jouant seul. Il doit accorder les gestes qu'il connaît avec ceux des autres enfants, en pratiquant un sport d'équipe par exemple.

Quelle est la particularité d'un sport d'équipe ?

Le plus important, c'est d'avoir le sentiment de faire partie d'un système social élargi. Dans un sport d'équipe, on se sent relié à un groupe, tout en pouvant réaliser des performances individuelles remarquables. Un sport d'équipe permet de vivre un moment assez rare qui satisfait deux des besoins élémentaires de l'homme : le sentiment d'appartenir à un groupe et celui d'être unique.

Le sport d'équipe est donc idéal ?

Seulement s'il reste dans les limites du fair-play, mais il est souvent associé à la performance et à la compétition. Or ces exigences altèrent les effets positifs. Le sentiment d'appartenance se transforme facilement en une obligation d'être tout le temps le meilleur de l'équipe. Cela n'a plus rien de gratifiant. Les parents doivent veiller à ce que les enfants moins bons que les autres ne se retrouvent pas exclus ou soient l'objet de moqueries, pour qu'ils ne perdent pas toute envie de faire du sport.

Et que faire, concrètement ?

Les parents qui souhaitent aider leurs enfants à épanouir leur personnalité et l'enrichir de facultés très variées devraient leur permettre de multiplier les expériences. Avec le théâtre par exemple, chaque enfant peut s'impliquer à sa manière. Pour construire une cabane dans un arbre, les compétences de chacun doivent être valorisées. Plus l'activité est complexe, plus les participants doivent être différents les uns des autres pour atteindre l'objectif visé. La compétition naît toujours de situations dans lesquelles il ne s'agit pas de réaliser une performance complexe, mais d'atteindre un seul but fixé à l'avance.

Mais il existe également des enfants qui ont l'esprit de compétition. Que faire dans ces cas-là ?

Il est normal que les enfants veuillent se mesurer et montrer ce dont ils sont capables. D'ailleurs, on leur offre suffisamment d'opportunités de le faire. Mais lorsque gagner et s'affirmer par rapport aux autres devient la seule raison d'acquérir de nouvelles facultés physiques, il n'y a plus de plaisir. Les enfants se retrouvent à pratiquer un sport uniquement pour être meilleurs que les autres.

Que faire pour un enfant qui n'aime aucun sport ?

Un enfant qui se sent bien va toujours chercher à bouger le plus possible. Si jouer ne lui plaît plus, s'il a sans arrêt besoin de quelqu'un pour le pousser à sortir et s'il ne parvient plus à s'amuser seul, c'est qu'il lui manque quelque chose. Quand cet enfant grandit et passe son temps scotché devant un ordinateur, c'est que l'envie de sentir son corps remuer n'est plus assez forte. Une telle situation ne se produit que lorsqu'il n'a pas eu assez l'occasion de conserver et de renforcer son envie innée d'être actif. Il a dû vivre un événement qui lui a gâché le désir de sortir. Peut-être n'a-t-il pas eu assez d'opportunités ou d'espace pour se découvrir lui-même. Les enfants

cessent de jouer lorsque leurs besoins fondamentaux ne sont plus satisfaits. Dans ce cas, la solution ne consiste pas à leur interdire l'ordinateur, mais plutôt à les encourager, les inspirer et les motiver pour qu'ils se risquent de nouveau sur un terrain où ils se sentiront à l'aise, où ils pourront faire l'expérience d'être utiles et de réaliser quelque chose. Ces enfants ont besoin de retrouver l'enthousiasme perdu à la défaveur d'une expérience négative. Là encore, les parents doivent se positionner comme des chasseurs de trésors, non comme des professeurs.

Comment peut-on déceler ce qui rend son enfant enthousiaste ?

C'est plus facile si l'on est attentif à lui lorsqu'il est jeune et que l'on remarque tôt le moment où il ne prend plus plaisir à jouer et à bouger. Si cela arrive, il faut essayer de trouver ce qui s'est mal passé. Une fois que l'enfant a 6 ans et que plus rien ne le captive, il est beaucoup plus difficile de le tirer de cet état. Cela marche mieux lorsqu'une personne que l'enfant estime beaucoup et qui représente un modèle pour lui fait quelque chose en montrant un grand enthousiasme. L'enfant doit sentir que son modèle prend du

leur fils se mettre à collectionner des petites voitures et à reconnaître toutes les marques de véhicules dans la rue.

Comment expliquez-vous alors cette passion de l'enfant pour les voitures ?

Il observe son père en permanence et il a remarqué l'étincelle dans ses yeux à chaque fois qu'une voiture de sport passe devant lui. Ce genre de signes non verbaux est mille fois plus important que tout ce que son père peut lui raconter. Il en va de même pour le sport : un père aura beau répéter cent fois à son fils que c'est bien de faire du sport, s'il ne trouve aucune satisfaction à en faire, son fils le remarquera immédiatement.

Comment les parents peuvent-ils repérer le sport le mieux adapté à leur enfant ?

C'est très difficile car au moment où les parents peuvent être attentifs à ce genre de chose, leurs enfants sont déjà à un âge où ils sont moins proches d'eux, parce qu'ils passent plus de temps avec leurs amis par exemple. Les parents doivent guetter le moment où leur enfant a les yeux qui brillent. Est-ce quand il saute, escalade, participe à une course en sac ? Est-ce lorsqu'il s'investit dans un groupe ou plutôt quand il s'agit de contrôler son corps ?

C'est ce que je veux dire lorsque je répète que les parents doivent être des chercheurs de trésors. Ils doivent trouver ce qui motive profondément leur enfant, ce à quoi il s'abandonne complètement. Cette idée d'"abandon" est très belle : il s'agit de s'oublier soi-même, de se fondre dans l'action. Lorsqu'un enfant s'abandonne à quelque chose, on le remarque tout de suite.

Les enfants sont-ils tous doués pour le même sport ou cela varie-t-il de l'un à l'autre ?

Chaque enfant a un corps différent et naît avec un cerveau qui est fait pour ce corps. Dès lors, chacun a un don particulier, mais tous sont doués pour une activité. Qu'il s'agisse de cracher des ●●●

« L'enfant doit voir que ses parents ressentent du plaisir en pratiquant un sport »

plaisir à être actif. Ce n'est qu'à cette condition que le « modèle » pourra l'entraîner et lui transmettre l'envie de se remettre à bouger.

Vous voulez dire que feindre le plaisir ne fonctionnera pas ?

Les enfants ont une sorte de septième sens, celui qui détecte l'authenticité. Ils remarquent tout de suite si une personne est sincère ou pas. Aujourd'hui, par exemple, les pères admettent rarement avoir une passion pour les voitures de course. Ils s'étonnent souvent de voir

••• noyaux de cerise le plus loin possible ou d'escalader un mur. La seule différence, c'est que la société valorise certains talents plus que d'autres.

A partir de quel âge cela a-t-il un sens d'encourager son enfant dans une direction particulière ?

Voilà qui dépend de la société dans laquelle nous voulons vivre. Si l'on est tous d'accord pour penser que l'on s'accomplit uniquement lorsque l'on excelle dans une discipline particulière, alors il faudrait pousser son enfant le plus tôt possible dans cette direction. Mais je pense, pour ma part, que les parents devraient éviter de forcer leurs enfants à réaliser des exploits extraordinaires dans un domaine précis. Pour développer une personnalité forte, le plus important n'est pas d'être le plus rapide au 100 mètres. Au contraire, les sportifs les plus performants ne sont pas toujours ceux qui réussissent le mieux dans la vie. Une forte personnalité se développe lorsqu'on est bien dans son corps et en unité avec soi-même. C'est la base essentielle des relations équilibrées avec les autres.

Existe-t-il un lien entre l'activité physique et les performances scolaires ?

Une étude réalisée dans le Land de Hesse a montré que des enfants de primaire qui avaient un bon sens de l'équilibre étaient meilleurs en mathématiques que les autres. Cela n'a donc aucun sens d'obliger son enfant à apprendre à compter le plus tôt possible pour qu'il soit bon en maths plus tard. Il faut plutôt lui offrir le plus d'opportunités possibles de se déplacer dans un espace en trois dimensions (en l'emmenant faire de l'escalade par exemple, ou en le faisant marcher sur une poutre). Durant ces activités, le cerveau doit constamment projeter les modèles de mouvements qu'il connaît dans un



Les enfants apprennent beaucoup d'autres plus grands qu'eux, qui sont leurs modèles et dont ils essaient d'imiter les mouvements.

espace tridimensionnel. Ce qui semble favoriser, plus tard, des facultés à penser en trois dimensions, dans l'espace abstrait des mathématiques.

Est-il préférable pour l'enfant de se dépenser en intérieur ou en plein air ?

Cela revient au même, le plus important étant qu'il éprouve du plaisir. Mais il est sans doute préférable que les objets du jeu ne soient pas donnés tels quels et

« Dans nos sociétés actuelles, la **mobilité** n'est plus aussi importante et valorisée qu'avant »

que l'activité ait lieu ailleurs que dans un espace limité. Inventer soi-même ses jouets – une touffe d'herbe, un bâton, des pierres – est plus enrichissant que d'utiliser des objets prêts à l'usage.

Pourquoi les enfants sont-ils moins actifs qu'avant ?

Ils ne grandissent plus au milieu de la nature, mais dans des espaces artificiels qui ne laissent pas de place pour des grands mouvements. Certains enfants ont même du mal à courir sur une surface naturelle, trop irrégulière et instable pour eux. Ils n'apprennent que ce qui est important pour eux. Dans nos sociétés, la mobilité n'est plus aussi importante et valorisée qu'auparavant. Finalement, la

question à se poser est de savoir à quelle vie et à quel monde nous préparons nos enfants. Cela ne rendrait évidemment aucun enfant heureux s'il se sentait comme chez lui en pleine forêt, mais tout à fait étranger à la grande ville, perdu au milieu des enseignes publicitaires. Cela étant, le problème est que dans nos sociétés modernes (et urbaines), les enfants n'exploitent plus des facultés dont ils ont pourtant besoin afin de

pouvoir mener plus tard une vie épanouissante. Nous devons donc, bon gré mal gré, choisir ce qui est important.

Un adulte peut-il encore apprendre de nouvelles façons de bouger ?

Bien sûr, chacun peut se renouveler, dans la limite de ses possibilités. Il s'agit principalement de redécouvrir son corps. D'expérimenter sa mobilité d'une manière inédite. D'entrer en contact avec son corps sur des bases neuves. En général, cela ne fonctionne pas très bien dans une salle de sport. Danse ou jouer avec des enfants donne de meilleurs résultats. Il s'agit de redécouvrir d'anciens mouvements, qu'on avait construit dans son cerveau

quand on était plus jeune (la méthode Feldenkrais ou la technique Alexander sont de bons points de départ).

Faites-vous vous-même du sport ?

J'ai grandi au beau milieu de la nature, dans une ferme, et entouré de beaucoup d'enfants. J'ai eu la chance de pouvoir essayer une multitude d'activités (le décathlon, le football, le ski et le tennis de table). Aujourd'hui, je fais partie de ces personnes qui sont heureuses lorsqu'elles pratiquent une activité physique, qu'elles se sentent bouger et ressentent ce que leur corps est capable de réaliser. J'ai hérité ce sentiment de mon enfance et de ma jeunesse. Et il est resté bien ancré dans mon cerveau. □

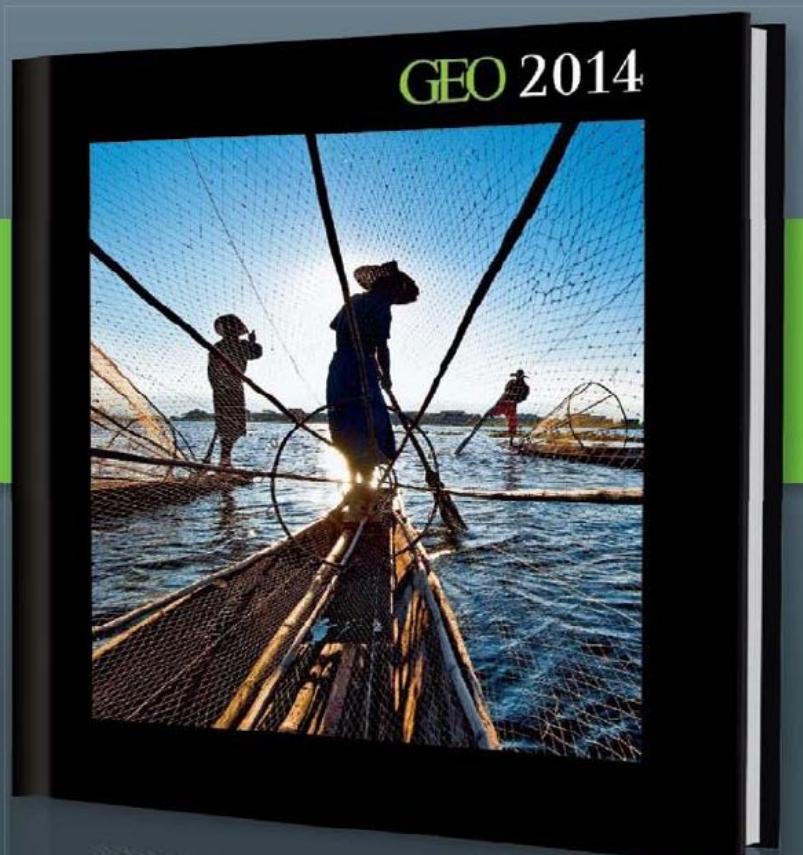
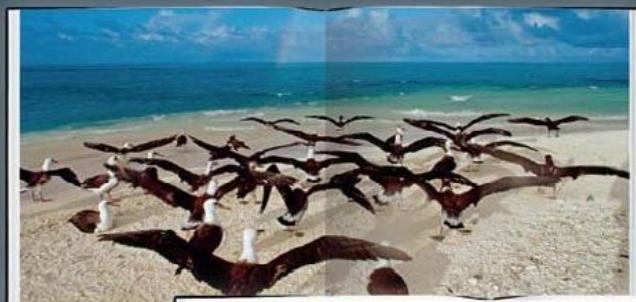


**Voici celui
qui tient toute
la presse.
Le marchand
de journaux.**

28.000 marchands de journaux se lèvent chaque matin pour que les Français trouvent leurs magazines.
Par cette annonce, publiée dans tous les titres, la presse magazine leur dit merci.

L'AGENDA 2014, UN RENDEZ-VOUS QUOTIDIEN AVEC L'ÉVASION

Une année de découverte dans
un nouveau format, pour planifier
votre année en beauté.



Une sélection des
plus belles photos GEO.

Agenda 144 pages. 18,95 €.
Disponible en librairies et rayons livres.

www.editions-prisma.com

