

Une simple question

Depuis l'époque lointaine où nos ancêtres des savanes se dressèrent sur leurs pattes arrière, l'équilibre nous fascine. D'ailleurs, ce qui nous épate dans le sport, ce serait peut-être bien de voir à l'œuvre des surdoués de la locomotion.

Dans la plupart des disciplines sportives, il n'existe pas de techniques qui permettent à coup sûr de distinguer le champion du commun des mortels. Le génie de Zinedine Zidane, de Michael Jordan et autres Pete Sampras ne se laisse pas facilement enfermer dans des concepts de VO₂ max, de plis cutanés ou d'autres indices morphologiques. Il est ailleurs, mais alors où? Ce genre de question est longtemps resté sans réponse. Des études menées au département de recherche de l'Université des Sciences Motrices de Turin viennent pourtant de lever un coin du voile. Elles s'intéressaient à l'équilibre et plus précisément aux stratégies utilisées par ces champions pour basculer toujours du bon côté. "Nous avons testé plusieurs footballeurs professionnels, les skieurs de l'équipe nationale, quelques-uns des meilleurs patineurs du monde. Tous possèdent une maîtrise étonnante de leur propre verticalité", nous explique Dario Riva, directeur du département. "Mais ce qui nous a plus surpris encore, c'est de constater, au sein de cette élite, que les meilleurs scores étaient généralement obtenus par ceux qui réalisaient aussi les meilleures performances en compétition". Il existerait donc une sorte de prédisposition géniale au sport tapie quelque part à l'intersection des différents systèmes qui nous permettent de conserver notre équilibre. Les chercheurs italiens imaginèrent alors de nouveaux outils pour mieux cerner les paramètres. "C'est très délicat", reprend Dario Riva. "Évaluer l'équilibre de ces sportifs dans un laboratoire, c'est un peu comme si nous voulions tester une Formule 1 dans un jardin. Les situations qu'on peut leur proposer sont infiniment moins complexes que celles qu'ils rencontrent dans la pratique de leur sport. Et ce n'est pas tout. Pendant longtemps, on a

commis l'erreur de vouloir décomposer les stratégies posturales. On mesurait les mouvements de la cheville, de la hanche ou même de la tête, d'après la zone anatomique impliquée, sans considérer que l'équilibre est une affaire qui concerne le corps dans sa globalité. Nous pensons qu'aujourd'hui, il est possible et surtout plus correct de distinguer ces composantes sur base de systèmes fonctionnels impliqués." Les chercheurs développèrent alors un nouveau système de planche à bascule -le Delos Equilibrium Board (DEB)- assez semblable à celui que l'on utilise en rééducation de la cheville:

une demi-sphère surmontée d'une petite plate-forme. Ici, en l'occurrence, il s'agit d'un demi-cylindre dont la particularité est de rendre compte des oscillations latérales de la planchette sur écran d'ordinateur. De cette façon, on peut facilement visualiser le travail du pied. Mais ce n'est pas tout. Un autre appareil -le Delos Vertical Controller (DVC)- que l'on porte au niveau du sternum ou entre les omoplates révèle les transports du haut du corps d'avant en arrière ou de droite à gauche. La confrontation de ces deux sources d'informations permet de distinguer les deux stratégies classiquement mises en œuvre par les bipèdes pour conserver l'équilibre: ceux qui bougent le tronc pour ne pas bouger les pieds et ceux qui bougent les pieds

pour ne pas bouger le tronc. "Tous les grands sportifs que nous avons analysés privilégient immédiatement et instinctivement le contrôle du positionnement vertical du corps par rapport au contrôle de la position horizontale de la planche. Ils font en sorte que leur corps ne bouge pas ou le moins possible, tout en laissant la planche faser librement. L'équilibre, pour eux, se conçoit de haut en bas. Ce sont les membres inférieurs qui doivent s'adapter à la verticalité du tronc. Or, dans la population générale, nous sommes nombreux à faire le contraire. On balance le corps et on utilise les bras pour compenser les déséquilibres de la base. L'influence s'exerce ici de bas en haut. Le tronc doit rattraper les déséquilibres du pied".

Une conduite en pilote automatique

Le fait de choisir l'une ou l'autre stratégie relève évidemment de l'inconscient. En



fait, le cerveau fait le tri parmi les millions d'informations qui lui parviennent chaque seconde et accorde la prédominance à l'un ou l'autre des trois différents systèmes d'équilibration: l'œil, l'oreille et la proprioception. Il faut savoir en effet que l'équilibre n'est pas le fait d'un seul et unique organe mais de l'intégration d'influx envoyés par une multitude de petits capteurs jusqu'au cœur de

notre cerveau archaïque. Attention, il ne faut pas prendre ici l'expression "archaïque" dans un sens péjoratif: il s'agit seulement de désigner cette partie profonde de l'encéphale dont la formation remonte aux origines de notre différenciation vertébrée. C'est même assez amusant de se dire que notre système nerveux

on d'équilibre

**Et si le talent de Zidane,
c'était de rester debout
quand les autres
trébuchent?**



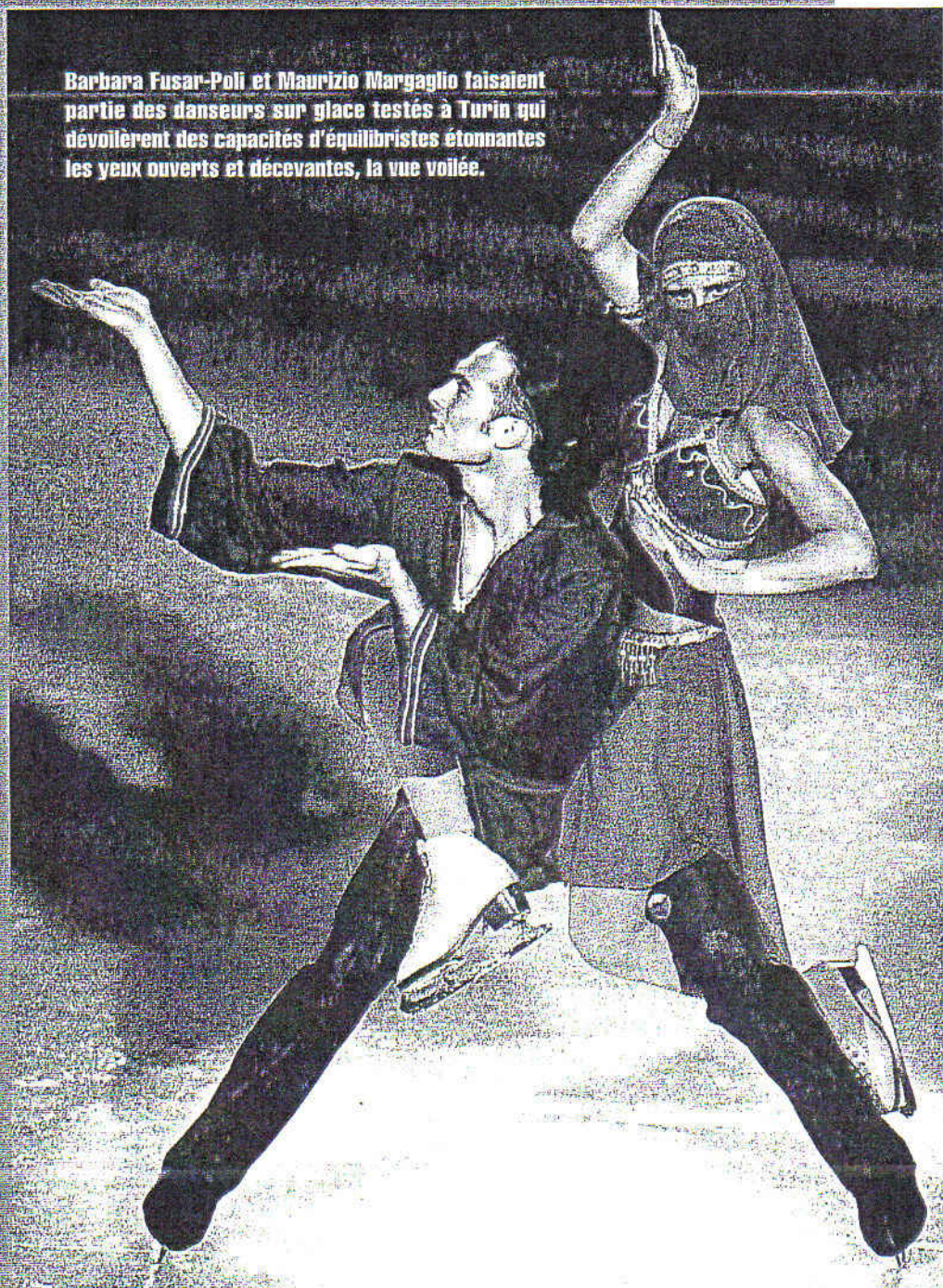
>> LE CRÈNE ET LE ROSEAU

La mise au point d'un appareil d'étude de l'équilibre à l'Université de Turin a permis d'observer toute une série de comportements étonnants qui ont été filmés. Nous avons eu la chance de voir ces images. Par exemple, celle d'un patineur sur glace de niveau international que l'on voit dans un exercice particulièrement difficile d'arabesque sur la planche. Il cherche son équilibre. Sa jambe d'appui tremble énormément. Soudain l'examineur passe la musique de son programme libre et, à l'instant précis où les premières notes retentissent dans le laboratoire, les oscillations cessent et le patineur trouve cette stabilité qui lui faisait défaut une seconde auparavant. Extraordinaire! Une autre étude a démontré que l'on développait des stratégies proprioceptives différentes en fonction des impératifs de la discipline. Pour cela, les chercheurs ont réuni 31 patineurs de niveau international (17 patineurs acrobatiques et 14 danseurs sur glace) ainsi que 15 jeunes issus des mêmes deux disciplines et âgés de 10 à 17 ans. Dans un premier temps, l'expérience a confirmé ce que l'on savait déjà, à savoir que les meilleurs athlètes réalisent les meilleurs scores dans les exercices d'équilibre. Ensuite, on varia les conditions du test pour s'apercevoir que les patineurs acrobatiques obtenaient de meilleurs résultats que les danseurs sur glace en situation "yeux fermés" alors qu'on observait exactement l'inverse dans les situations "yeux ouverts". Comment expliquer ce phénomène? Pour cela, il faut revenir aux conditions spécifiques des prestations sur la glace dans ces deux disciplines. En patinage artistique, le souci du compétiteur est, certes, d'être vif, élégant, aérien, expressif, précis. Mais il lui faut avant tout éviter la chute! Au fil des années, ces patineurs développent un sens aigu du rattrapage pour retomber toujours sur leurs pattes. Même dans les situations en aveugle! Dans les exercices de sauts avec vrilles ou lors des pirouettes, le regard balaye des milliers de degrés en quelques secondes et perd de ce fait toute utilité dans le maintien de l'équilibre. En général, on s'efforce de l'ancrer dans un coin de la salle, c'est-à-dire que l'on garde une image en "mémoire de réline", tandis qu'en cours d'exercice, on aurait plutôt tendance à se couper d'une source d'informations perturbante. Ces athlètes sont donc bien entraînés pour faire appel aux stratégies vestibulaires d'urgence. Il paraît, par conséquent, assez logique qu'ils se sentent plus à l'aise dans les exercices yeux fermés qui les ramènent finalement à une situation qu'ils connaissent bien. Pour les danseurs sur glace, le problème est tout différent. La chute est un événement plutôt rare chez eux et leur

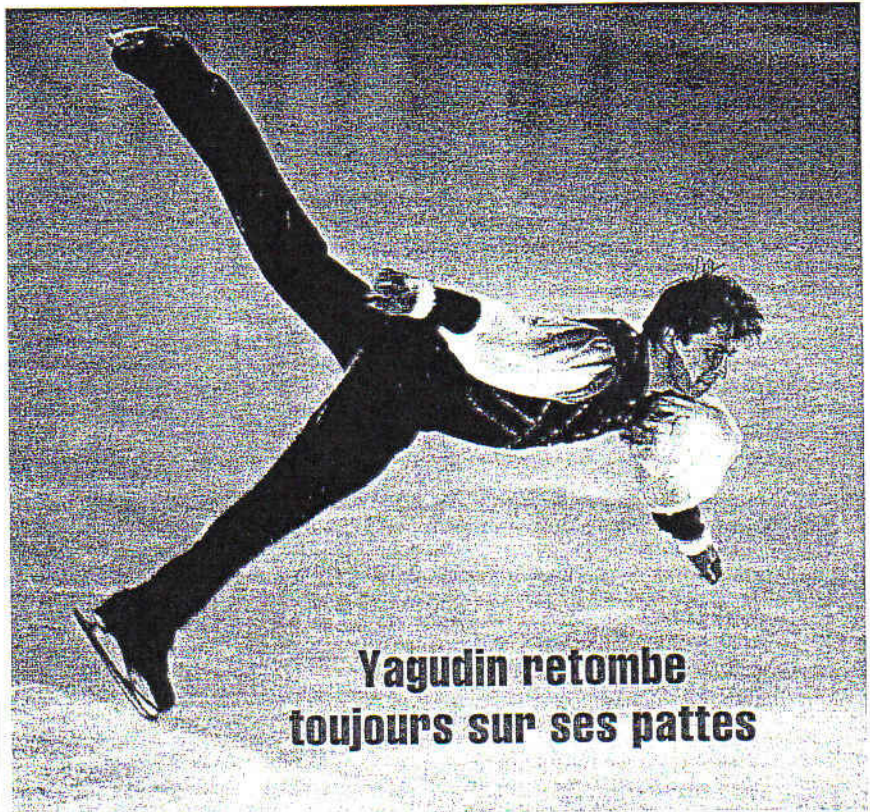
performance sera exclusivement mesurée en termes de qualité de patinage et bonne tenue. Cela implique de savoir exactement ce que fait son partenaire et d'être soi-même sans aucune surprise. Dans les exercices en laboratoire, ces athlètes s'efforcent de gommer les oscillations du tronc comme ils le feraient spontanément sur la glace. D'ailleurs, ils bougent étonnamment peu autour de leur axe d'équilibre. Yeux ouverts, leurs performances sont excellentes. Mais si l'on complice l'exercice en leur demandant de fermer les yeux, ils sont perdus. Incapables d'exécuter les contorsions habiles des patineurs

artistiques, ils continuent de privilégier la droiture du tronc et doivent tôt ou tard mettre le pied par terre ou se rattraper à une rampe pour ne pas tomber. Par cette expérience qui pourrait certainement être reproduite dans de nombreuses disciplines, on s'aperçoit qu'il existe des stratégies proprioceptives raffinées en fonction des impératifs du métier. En clair, on apprend à ne pas tomber en fonction du type de sollicitations auxquelles on se trouve le plus régulièrement soumis dans les différentes disciplines. Cela expliquerait peut-être pourquoi certaines passerelles sont plus utilisées que d'autres.

Barbara Fusar-Poli et Maurizio Margaglio faisaient partie des danseurs sur glace testés à Turin qui dévoilèrent des capacités d'équilibristes étonnantes les yeux ouverts et décevantes, la vue voilée.



porte en son sein toute l'histoire de l'évolution. Pendant la vie fœtale et ensuite, pendant les phases successives de croissance, il se repasse en accéléré les différents stades phylogénétiques qui se sont déroulés sur des millions d'années et nous ont permis de passer de l'organisation nerveuse d'une anémone à celle, beaucoup plus complexe, de l'être humain. L'archaïsme en question renvoie seulement à la notion d'ancienneté et pas du tout dans le sens d'obsolescence. D'ailleurs, les tâches que doit assumer cette partie du cerveau sont loin d'être simples. Des millions d'informations en provenance de la peau, des muscles, des tendons, des yeux et de l'oreille interne aboutissent dans des structures sous-corticales qui doivent gérer les situations d'urgence sans affoler les hauts responsables corticaux. On estime qu'à peine un signal sur un million accède à la conscience. L'essentiel des adaptations se déroule donc de manière instinctive avec une précision qui laisse admiratif. Le moindre déplacement d'un segment du corps entraîne en effet un rééquilibrage de l'ensemble de l'organisme qui implique de jouer parfois sur quelques fibres à peine. Cette finesse d'adaptation caractérise toutes les espèces animales, qu'il s'agisse du vol d'un papillon ou du galop d'un cheval. Mais évidemment, la nature a réservé aux grands singes l'exercice le plus périlleux: celui de rester en équilibre sur ses pattes arrière. Alors, bien sûr, cette position possède pas mal d'avantages. D'abord, elle libère les mains pour les tâches plus complexes, comme celle de fabriquer des armes, de graver des aurochs sur les murs des cavernes ou de jouer au serpent sur un téléphone portable. Le fait de se positionner à l'aplomb de la colonne a permis aussi un grossissement du cerveau qui atteint un poids qui aurait été impossible à porter si nous étions restés à quatre pattes. Enfin, cette station debout nous confère une certaine rapidité de réaction, puisqu'on se trouve finalement toujours en situation de se casser la figure. Bref, notre espèce a sacrifié sa stabilité originelle au profit d'une plus grande mobilité. Bien sûr, cela implique de gérer en permanence les déséquilibres, un peu comme ces avions de combat dont la maniabilité repose sur le travail d'un ordinateur de bord qui compense en permanence les écarts de trajectoire. Chez l'homme, les mécanismes en jeu sont plus sophistiqués encore puisque le travail de régulation s'effectue dans une infinité de situations statiques ou dynamiques: courir, nager,



Yagudin retombe toujours sur ses pattes

rouler à vélo, tirer à l'arc, skier, patiner ou faire une roue sur la poutre. Pour cela, nous disposons de l'intervention combinée et synergétique des mécanismes proprioceptif, visuel et vestibulaire. Voyons cela plus en détail.

Bon pied, bon œil

Les yeux d'abord: dans la vie courante, ils nous guident en permanence dans le travail d'exploration de notre environnement. Ils sont quasiment infatigables. Avec 100.000 mouvements rapides par jour, les petits muscles qui dirigent le mouvement des orbites sont les plus actifs de tout l'organisme. A l'échelle des membres inférieurs, il faudrait courir 80 kilomètres pour produire un effort équivalent! Dans le flux d'informations visuelles, certaines accèdent directement à la conscience, comme par exemple, celles contenues dans l'article que vous êtes en train de lire (du moins, nous l'espérons). D'autres sont gérées par les centres de l'équilibre pour les orientations de base d'un contrôle postural déterminé à partir du repérage de la gravité. C'est la raison pour laquelle, on est tellement perturbé en présence d'un mur oblique. A ce moment-là, tous les repères de verticalité sont tronqués. L'œil renseigne alors une situation que l'oreille et la proprioception ne reconnaissent pas. Ce simple

désaccord entre les différents systèmes d'équilibration suffit à provoquer des vertiges, des nausées et autres maux de tête caractéristiques du fameux mal de mer (*). Les yeux nous renseignent aussi sur les mouvements de la tête. On s'en sert en fixant une image. Dès que la tête bouge, même imperceptiblement, cette image se déplace sur la rétine et on active le réglage postural pour la replacer en position initiale. C'est ainsi que, lorsqu'on se trouve en position debout, les oscillations au sommet du crâne ne dépassent pas quelques millimètres. Mais, si on demande au sujet de fermer les paupières et de se tenir sur un pied, les mouvements se mesurent alors en centimètres et même en dizaines de centimètres. L'exercice devient même assez difficile. Privé de la vue, on se trouve obligé en effet de recourir aux informations en provenance de l'oreille interne. De l'autre côté du tympan se trouve effectivement un ensemble de cavités sinueuses appelé labyrinthe, chargé d'enregistrer les accélérations brusques que subit l'encéphale. Ce système n'intervient pas énormément dans la vie de tous les jours. Il requiert un seuil d'activation élevé, c'est-à-dire qu'il faut une certaine vitesse de mouvement

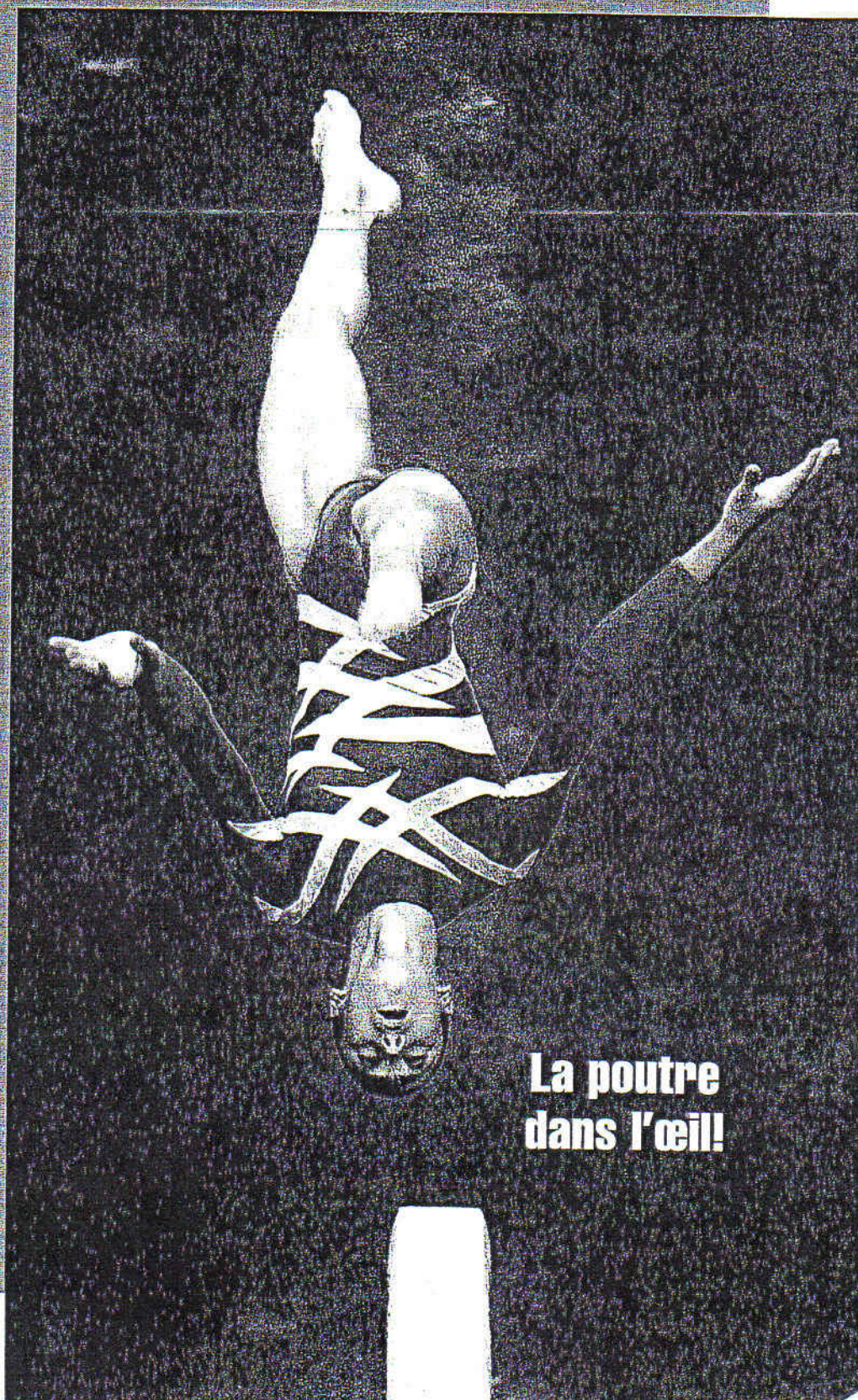
(* Mal de mer, mal de l'air, mal de voiture, mal de l'espace. Ce phénomène appelé cinétose apparaît dans plusieurs situations.

>> LE SINGE À BASCULE

Dans la nature, il existe deux grandes formes d'équilibre: l'équilibre stable et l'équilibre instable. Le premier s'applique par exemple à la situation d'une bille au fond d'un bol. Si on lui applique une force quelconque, elle reviendra toujours à sa position de départ. Le second caractérise plutôt un crayon sur la pointe. Si on l'effleure, il tombe. Dans le règne animal, on peut aussi établir ce genre de distinction. Prenons le crocodile, par exemple. Grâce à ses grosses pattes orientées latéralement, il se trouve dans une position beaucoup plus stable que la girafe montée sur ses jambes graciles. De façon générale, on remarquera tout de même que les quadrupèdes tiennent bien sur leurs guibolles. Pour les grands singes, l'exercice se révèle autrement plus complexe. On sort facilement de sa base de sustentation, ce qui fait qu'en termes d'équilibre, on devrait plutôt parler de gestion des déséquilibres successifs, une chose que les enfants découvrent au cours de gymnastique dans le jeu qui consiste à courir dans tous les sens et à s'arrêter au coup de sifflet. Autant on se sent à l'aise dans le mouvement, autant on se trouve vulnérable en état d'immobilité. Pour nous les humains, l'équilibre s'apparente donc à une curieuse qualité dont on ne prend réellement conscience que lorsqu'on est en passe de la perdre. C'est malheureusement une situation que l'on se condamne presque tous à vivre par le simple fait de la détérioration des mécanismes de contrôle avec le temps. Les personnes âgées craignent de basculer hors des points d'appui. Elles se déplacent en frottant les pieds par terre pour ne jamais perdre le contact avec le sol. En marge des études sur les champions sportifs, les chercheurs turinois ont tenté de comprendre ce qui est en cause dans cette détérioration du système proprioceptif. Est-ce un problème d'afférences ou de commandes motrices? En multipliant les protocoles, ils aboutirent à la conclusion que, certes, ces deux circuits perdaient progressivement de leur pertinence, mais que cette détérioration était relativement lente par rapport à d'autres dégénérescences du tissu nerveux ou de l'appareil ostéo-articulaire. Les problèmes d'équilibre des personnes âgées naîtraient en somme d'un manque de sollicitation et d'une mauvaise communication entre les différents systèmes. Comme s'ils ne parlaient plus la même langue. Une rééducation est-elle possible? Oui! Plusieurs études montrent qu'on peut inverser le processus. Ainsi, on a reproduit chez les personnes âgées des exercices similaires à ceux que l'on proposait aux athlètes en leur permettant simplement de se rattraper à un support

métallique (équipé d'un capteur à infra-rouges) pour éviter la chute. Quelques séances d'entraînement ont suffi à améliorer nettement leurs scores. Le système proprioceptif est donc doué d'une capacité extraordinaire à s'auto-reprogrammer, notamment après un traumatisme ou une opération. Les choses paraissent si plastiques qu'on se demande à présent si la gestion très

fine de l'instabilité, considérée comme l'apanage des plus grands champions, fait partie des caractéristiques innées de l'individu ou si elle peut être développée dans le cadre d'une préparation spécifique. Ainsi nos connaissances sur l'équilibre progressent de la confrontation a priori curieuse de ceux qui virevoltent dans les airs et d'autres terrorisés à l'idée de monter sur un trottoir.



La poutre dans l'œil!

pour le stimuler. En se penchant brusquement d'avant en arrière ou sur les côtés, c'est précisément ce que l'on fait. On sollicite le labyrinthe pour qu'il prenne enfin les choses « en mains », ce qu'il réalise de façon violente et exagérée. On observe l'apparition de mouvements et de contre-mouvements du tronc, des hanches et des membres supérieurs, toujours en excès par rapport à la situation biomécanique à gérer. Ces grands balancements marquent en fait l'échec des autres modes de régulation et interviennent comme ultime recours avant la chute. Si les sportifs bougent relativement peu le haut du corps dans des exercices tels que se tenir sur la planche Delos ou rester debout sur un pied avec les yeux fermés, c'est tout simplement parce qu'ils peuvent compter sur un troisième système qui, chez eux, s'avère extraordinairement performant: la proprioception.

Coupez-leur la tête

Il faut donc bien retenir une chose: l'intervention plus ou moins rapide du système vestibulaire -c'est-à-dire des grands mouvements du tronc- dépend essentiellement de la qualité de cette proprioception. C'est probablement là que se situe l'origine de la supériorité des plus grands champions. Ils bénéficieraient en somme d'un ordinateur archaïque particulièrement performant, capable d'organiser et de hiérarchiser en quelques millisecondes une multitude d'informations en provenance de tout l'organisme. Voilà ce que recouvre la notion de proprioception. Notez que ce concept a évolué au cours du temps. Au début du XX^e siècle, Sherrington l'utilisait pour distinguer deux types de récepteurs périphériques de l'équilibre: ceux qui étaient chargés de recueillir des informations à l'intérieur du corps (les propriocepteurs); et ceux chargés de nous renseigner sur l'environnement (les télécepteurs). Pour Sherrington, les récepteurs des articulations, des tendons, des muscles et des labyrinthes étaient donc proprioceptifs. Les stimuli visuels, auditifs ou même olfactifs qui viennent de l'extérieur, et qui ne sont donc pas directement en contact avec notre corps, appartiennent au domaine de la téléception. Au cours des années, les auteurs ont repris ce concept en attribuant au mot "proprioception" des significations parfois contradictoires. "Dans notre laboratoire, nous établissons une différence entre l'"archéoproprioception" c'est-à-dire la composante réflexe de la stabilisation musculaire qui utilise les fibres nerveuses



Maradona funambule de champagne

puissantes et rapides (80-120 m/s); et la "proprioception" qui implique une prise de conscience du mouvement et du positionnement du corps dans l'espace" reprend le professeur Riva. Il souligne ensuite que cette composante consciente du mouvement exerce une influence quasiment négligeable sur l'équilibre et sur ce que l'on pourrait appeler l'"intelligence du geste". En clair, on ne maîtrise pas le mouvement au moment de sa réalisation, celui-ci s'effectuant naturellement. On estime en effet, et cela mérite d'être répété, que seulement une information sur un million passe le filtre de la conscience, probablement pour ne pas encombrer le cerveau de données inutiles. En revanche, l'homme peut choisir des stratégies posturales en se reposant notamment sur des informations sensibles qui circulent relativement lentement dans l'organisme (*). Ainsi, lorsqu'on se pique le doigt avec une aiguille, la douleur peut mettre quelques dixièmes de secondes avant de parvenir au cerveau. Le couplage de ces différents systèmes se révèle extraordinairement performant. L'un réagit dans l'urgence, l'autre décide des grandes orientations. Ce système proprioceptif représente donc vraiment l'intelligentsia du corps avec des antennes dans chaque région. Les muscles et tendons contiennent effectivement des mécanorécepteurs qui traduisent en signaux électriques les moindres déformations mécaniques dont ils sont les victimes. La peau aussi enregistre les plus subtiles variations de pression à partir desquelles se réorganise toute la statique

corporelle. On ne lui accorde guère d'attention, mais elle est peut-être le plus important de tous les organes proprioceptifs. L'amputation d'un orteil, par exemple, pose des problèmes d'équilibre qui dépassent de beaucoup son action spécifique dans la locomotion. On retrouve le même phénomène au niveau des mains. On s'étonne parfois qu'une petite blessure à un doigt suffise à tout désorganiser. Mais c'est normal. Et ce phénomène n'a peut-être pas été pris assez en considération par Daniel Chick, ce joueur de football australien, dont on a appris récemment qu'il avait choisi de se faire couper l'annulaire pour pouvoir continuer sa carrière sportive. Il était gêné, paraît-il, par le déboîtement fréquent de l'articulation qui survenait pendant les matches. Plusieurs opérations n'avaient pas suffi à consolider l'attache et l'on envisageait de souder carrément les phalanges récalcitrantes. Daniel Chick eut alors très peur de ne pas pouvoir poursuivre sa carrière avec un doigt raide -le foot australien se joue avec les pieds et avec les mains- et choisit la solution, plus radicale, de l'amputation. Outre qu'il nous apparaît assez choquant de voir des médecins se prêter à ce genre de lubies, on se demande si le joueur a bien mesuré la nature du handicap qu'il s'infligeait. La perte d'un doigt participe à un appauvrissement proprioceptif dont on mesure difficilement l'ampleur tant qu'on ne l'a pas vécu. A 25 ans, on espère pour

(*) Cette vitesse est comprise entre 0,5-2 m/s dans les fibres amyéliniques et entre 4-9 m/s dans les fibres myéliniques.