



7. DES CHAUSSURES SPÉCIALES assurent au tireur une bonne stabilité pour le tir en position debout.

confirma, son père suivit des cours sur la manière d'entraîner les tireurs à la carabine et devint l'un de ses entraîneurs.

À 15 ans, T. Forster s'entraînait 90 minutes par jour avec une carabine à air comprimé ou avec une 22 long rifle non chargée. Elle est un exemple qui montre qu'un entraînement intensif peut, dans certains sports, compenser un manque de dons naturels. En 1985, elle a gagné une médaille d'argent au championnat national junior et elle s'est inscrite à l'Université de Virginie-Occidentale afin de s'entraîner avec Ed Etzel, médaillé d'or aux Jeux olympiques de 1984.

En 1991, T. Forster s'est installée au centre d'entraînement de Colorado Springs. Son séjour lui a permis de consacrer tout son temps à l'entraînement pour les épreuves de carabine à 10 mètres et de carabine libre, qui consiste à tirer avec une carabine de calibre 22, sur des cibles à 50 mètres, en position couchée, à genoux et debout. Elle a particulièrement travaillé les techniques mentales de concentration, nécessaires pour exceller dans cette discipline.

T. Forster associe des exercices de relaxation musculaire, de visualisation mentale de tirs et la relation dans un journal de ses résultats et de ses émotions. Elle se fixe aussi une série d'objectifs réalistes à atteindre au cours de chaque entraînement. Les exercices de relaxation augmentent la concentration des tireurs et leur font prendre conscience de l'origine des tensions musculaires, dans les épaules et dans le dos, qui réduisent la précision de leur tir. Au cours de l'entraînement par imagerie mentale, T. Forster s'imagine en train de viser et de tirer, ou en spectatrice, en train de suivre le déroulement de l'épreuve sur la ligne de touche. Plus l'image est active, plus les performances sont augmentées par les exercices.

En compétition, T. Forster pratique l'imagerie mentale avant chaque tir. Mentalement, elle exécute lentement chaque étape, de son positionnement sur la ligne de tir jusqu'à la mise en joue. En raison de cet état de concentration et de calme qu'il faut atteindre avant chaque coup, la préparation et l'ensemble des tirs occupent les deux heures et demie autorisées pour l'épreuve de carabine libre. Le vainqueur, qui est jugé sur la précision et non sur la vitesse, atteint le centre de la cible dans plus de 90 pour cent des tirs.

T. Forster a aussi travaillé avec un psychologue du sport afin de modérer le perfectionnisme qui lui a parfois valu de perdre confiance dans sa précision. Pour évaluer sa technique, elle a utilisé une carabine équipée d'un laser à infrarouge. Une analyse de la position du faisceau sur la cible a révélé que sa visée est quasi parfaite, mais qu'elle l'ajuste sans cesse : au bout de cinq ou six secondes, elle a plus de difficultés à rester fixée sur la cible.

Elle a mis au point des routines de visualisation associées à des verbalisations qui évacuent ses craintes : par exemple, elle répète les mots «se détendre» et «prête». Son opiniâtreté a payé : durant son séjour à Colorado Springs, T. Forster a gagné deux coupes du monde et, l'année dernière, elle a fini seconde au championnat national.

Le tir n'est pas le seul sport où la tête doit venir épauler les muscles. Aujourd'hui tous les athlètes profitent des avancées de la physiologie, de la biomécanique et de la psychologie du sport. Ces sciences contribuent à faire tomber les records mondiaux. Nul ne sait jusqu'où elles permettront de repousser les limites des performances humaines.

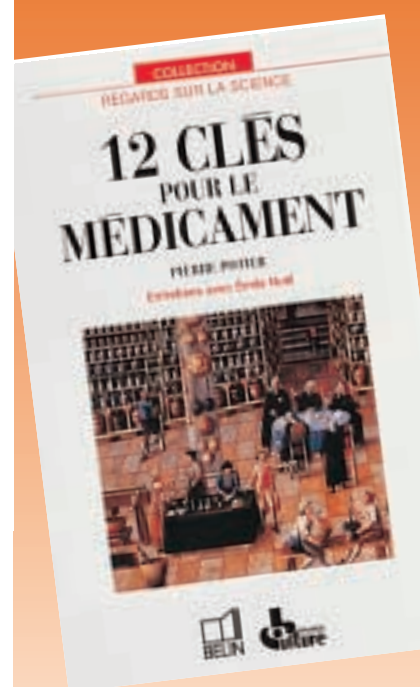
Jay KEARNEY est physiologiste du sport auprès du Comité olympique des États-Unis.

Tudor BOMPA, *Theory and Methodology of Trainings : The Key to Athletic Performance*, Kendall/Hunt Publishing, 1994.

Edgar THILL, Raymond THOMAS et José CAJA, *Manuel de l'éducation sportive*, éditions Vigot, 1994.

The Olympic Factbook : A Spectator's Guide to the Summer Games, sous la direction de Rebecca Nelson et Marie J. MacNee, Visible Ink, 1996.

Entretiens avec Émile Noël



12 CLÉS POUR LE MÉDICAMENT

La plupart des médicaments actuels sont d'origine naturelle. Découverts le plus souvent par hasard, certains sont hérités du passé, d'autres sont plus récents. La quête de nouveaux produits toujours plus efficaces et mieux tolérés reste l'un des objectifs de la recherche de pointe.

Code : 2020

215 pages – 75 F



Bon de commande en p. 98

La bicyclette idéale

Les cyclistes recherchent le compromis entre puissance, confort et aérodynamisme.

En 1924, le coureur italien Bottechia remportait le Tour de France à une vitesse moyenne d'à peine 24 kilomètres à l'heure. Près de 60 ans plus tard, en 1992, l'Espagnol Miguel Indurain a parcouru la Grande boucle de 3 983 kilomètres à plus de 39,5 kilomètres à l'heure de moyenne. Les modifications de l'entraînement, du parcours et de l'organisation de la course ont sans doute contribué à cette accélération des courses cyclistes. Depuis quelques années, ce sont toutefois les recherches sur l'aérodynamisme qui permettent aux coureurs de rouler plus vite, sur piste comme sur route.

L'italien Francesco Moser a donné en 1984 le coup d'envoi officiel de l'utilisation en compétition des études de mise au point et d'amélioration technique du vélo. Pour battre le record du monde de l'heure sur piste, il a utilisé des roues lenticulaires, plus aérodynamiques que les roues traditionnelles, dont les rayons créent des turbulences. Il a ainsi contourné le règlement qui interdit les habillages non porteurs. La position de son torse était en outre très inclinée vers l'avant pour réduire la résistance de l'air. Une autre innovation spectaculaire, qui venait rompre une tradition longuement établie, était celle du cadre

monocoque, fabriqué d'une seule pièce en matériaux composites. La rigidité de ces cadres est plus grande que celle des cadres assemblés à partir de plusieurs composants : les frictions internes absorbent moins l'énergie de propulsion fournie par le coureur. L'absence de pièces et de structures d'assemblage, sur lesquelles l'air vient buter ou qui créent des turbulences, améliore aussi l'aérodynamisme.

La résistance de l'air à l'avancement d'un cycliste croît comme le carré de la vitesse. Elle compte pour 90 pour cent dans la force totale à vaincre pour avancer. Les trois quarts de cette résistance aérodynamique sont créés par le corps du coureur : la modification de la position de celui-ci est donc le but principal des nouvelles formes de bicyclettes. Jim Martin, de l'Université du Texas, a ainsi calculé que, sur un parcours plat de 40 kilomètres, une position parfaite avec le torse bien plat permet de gagner environ huit pour cent en temps par rapport à la position classique avec le dos rond. L'utilisation d'une roue aérodynamique avec trois rayons à l'avant et d'une roue lenticulaire à l'arrière n'améliore le temps, sur le même parcours, que d'un peu moins de trois pour cent, tandis qu'un cadre aérodynamique à tubes

plats ne fait gagner que 1,5 pour cent supplémentaire environ. En outre, sur les parcours accidentés, l'utilisation d'un vélo allégé n'est pas toujours un avantage : le temps gagné dans les côtes est perdu dans les descentes si la forme du cadre oblige le coureur à adopter une position moins aérodynamique.

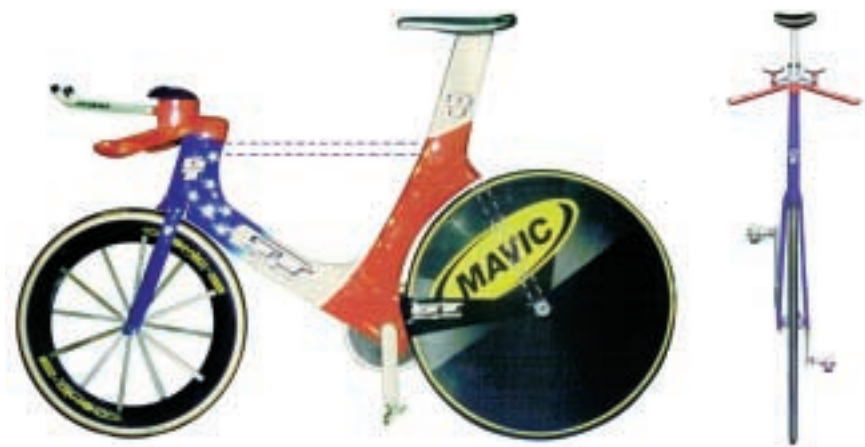
Les éléments clés d'une bonne position aérodynamique sont l'inclinaison et la courbure du torse, l'écartement des coudes et celui des genoux. Ainsi, l'écosais Graham Obree, qui n'avait jusque là réalisé aucune performance remarquable, a battu le record du monde de l'heure sur piste en 1994 grâce à une position originale. Ses épaules étaient abaissées sur ses mains et ses bras étaient collés sous sa poitrine qui reposait sur le guidon. Par rapport à une position plongeante de triathlon, cette position avancée économisait dix pour cent d'énergie.

DANS TOUTES LES POSITIONS

Pour optimiser la position des coureurs et mesurer les critères aérodynamiques et la transmission des forces, Harald Schaale, Michael Nitsch et leurs collègues qui préparent les cyclistes de l'équipe nationale allemande ont mis au point un prototype de mesure réglable qui leur permet de procéder à des expériences plus proches de la réalité que les tunnels de soufflerie et les essais conventionnels en laboratoire. La puissance moyenne déployée est mesurée en salle sur une distance de 1 000 mètres, à une vitesse de 50 kilomètres à l'heure. La répétition de cette épreuve avec différentes positions du corps fait apparaître de grands écarts dans la puissance consommée.

Le vélo de mesure est constitué d'un cadre plat, avec une fourche pour la roue arrière. Des tubes réglables permettent de modifier la distance entre les deux roues et l'écart entre la selle et le pédalier. La hauteur du guidon est en outre ajustable par la modification du diamètre de la roue avant.

Le vélo est équipé de capteurs qui mesurent la puissance fournie par le coureur, la vitesse, la fréquence de pédalage et le rythme cardiaque du coureur. Ces informations sont transmises, par induction, entre le pédalier et un microprocesseur à mémoire situé dans le cadre. La retransmission des résultats par radio permet aux entraîneurs de disposer des données en temps réel et de modifier immédiatement tel ou tel paramètre. Ce système permet notamment de mesurer les conséquences de légers déplacements de la position de la selle sur la puissance du cycliste.



Le Superbike ii, conçu aux États-Unis, a un cadre léger en fibres de carbone. Ses éléments sont profilés pour obtenir le plus grand aérodynamisme possible : petite roue avant avec des rayons en lames, roue lenticulaire à l'arrière, poignées de guidon avancées, cadre plat. La barre centrale a été éliminée (en pointillés), ainsi que la liaison entre la tige de selle et le moyeu arrière.



En 1994, le cycliste écossais Graham Obree a battu le record du monde cycliste de l'heure sur piste grâce à une position de course originale. Il était penché vers l'avant à l'extrême, les bras complè-

tement repliés le long du torse, la poitrine reposant sur le guidon. Cette position a été interdite depuis par la Fédération internationale de cyclisme.

Aucun détail n'est négligé pour gagner les quelques pour cent qui assureront la victoire. Une équipe technique du Comité olympique américain a évalué la position de pédalage de Lance Armstrong, qui participera aux Jeux d'Atlanta, pendant des compétitions et au centre d'entraînement. Outre des améliorations de sa position, telles que l'abaissement de son tronc et le resserrement de ses bras par le déplacement de sa selle, de son guidon et de la position de ses mains, une modification de la forme de son casque, lui a été proposée : une «queue» plus longue à l'arrière permet à l'air de s'écouler sans turbulences au-dessus de sa tête et dans son dos. Toutes ces améliorations ont accru la vitesse d'Armstrong de 1,44 kilomètre par heure.

La position qui correspond à la plus faible consommation de puissance n'est toutefois pas toujours celle qui convient le mieux à la course. Les angles de guidon peuvent être défavorables pour le développement de la puissance ou pour le confort (et, à terme, pour la santé) du coureur. La position plongeante du torse pour réduire la résistance de l'air est inconfortable, les genoux du coureur pilonnent le torse et sa vision est limitée. Si un

coureur peut relever la tête pendant les quelques minutes que dure une course de 4 000 mètres, cette position deviendrait intolérable pour une course sur route de 50 kilomètres. Les règlements, très stricts, ne permettent pas non plus toutes les positions. Ainsi, la Fédération internationale de cyclisme a jugé trop instable et dangereuse la position adoptée par G. Obree en 1994 et l'a interdite.

Lorsqu'un compromis a été trouvé sur la meilleure position possible, les ingénieurs doivent fabriquer la bicyclette correspondante. Ils se préoccupent de l'aérodynamisme et de l'allègement, sans sacrifier sa rigidité : la puissance de l'athlète doit être convertie en propulsion et non en déformation de la structure. Le cadre n'est pas le seul élément étudié : le guidon, les fourches, les roues ou les moyeux sont aussi importants. Ainsi, aux Jeux olympiques d'Atlanta, l'équipe américaine disposera de bicyclettes dont le diamètre et l'épaisseur des roues avant ont été réduits : la résistance au vent est plus faible et, dans les courses en équipe, les cyclistes se tiendront plus près les uns des autres afin de s'abriter mutuellement du vent.

En utilisant des matériaux composites résistants, on réduit le poids de la

structure. Des calculs par la méthode des éléments finis et des essais expérimentaux sur la résistance des matériaux sont menés en parallèle afin de déterminer les tensions locales exercées sur les différentes parties de la bicyclette et les déformations qui en découlent. Si l'on constate l'apparition de tensions inacceptables, comme un effet d'encoche qui peut se produire à la jonction d'éléments de sections très différentes, on peut changer ces sections ou renforcer le matériau à cet endroit, mais en augmentant le poids.

Ces études de haut niveau ont parfois des résultats inattendus. Alors que la plupart des vélos, depuis le siècle dernier, ont un cadre en losange, l'un des prototypes conçus par les techniciens allemands pour les prochains Jeux olympiques a un cadre en croix, plus léger. Il suffit à relier les quatre points essentiels du vélo : le roulement arrière, le pédalier, la selle et le raccord de fourche. Cette forme originale n'est toutefois pas nouvelle : en 1885, une entreprise anglaise l'avait déjà brevetée. Les matériaux disponibles à l'époque ne permettaient vraisemblablement pas de fabriquer un tel cadre avec une rigidité suffisante.



Dopage à la testostérone

Une méthode de dépistage fondée sur les concentrations en radio-isotopes.

Aujourd'hui, le dopage par les stéroïdes anabolisants administrés aux sportifs pour que leurs muscles se développent est assez facile à dépister. Toutefois, des stéroïdes anabolisants, notamment la testostérone, l'hormone mâle, sont naturellement présents dans l'organisme : comment différencier l'hormone naturelle et l'anabolisant frauduleux ? Une nouvelle méthode semble plus fiable que celle utilisée par le Comité international olympique.

Pour dépister un fraudeur, on détermine le rapport entre la concentration en testostérone et la concentration en épitestostérone, isomère de la testostérone (deux isomères ont la même formule chimique, mais la géométrie des deux molécules diffère). La testostérone et l'épitestostérone sont éliminées dans les urines.

Le Comité olympique admet qu'un rapport supérieur à six prouve que le sujet s'est dopé avec de la testostérone, mais on a trouvé des rapports compris entre six et neuf chez des sujets non dopés (la valeur moyenne est voisine de un). De surcroît, des valeurs comprises entre quatre et six, considérées comme normales, peuvent aussi correspondre à l'élimination de testostérone exogène, administrée plusieurs jours auparavant. Ainsi cette méthode ne

prouve pas formellement l'administration de testostérone.

Afin de pallier ces inconvénients, nous avons mis au point une méthode fondée sur la spectrométrie de masse isotopique, où l'on détermine le rapport des concentrations en carbone 12 (^{12}C) et en un de ses isotopes, le carbone 13 (^{13}C). Cette méthode précise l'origine de la testostérone urinaire : naturelle ou endogène, d'une part, synthétique ou exogène, d'autre part. Pourquoi le carbone est-il un marqueur de l'origine de la testostérone ? La testostérone naturelle humaine est biosynthétisée à partir du cholestérol, lequel a deux origines : il est présent dans certains aliments, mais est aussi synthétisé par l'organisme. Au contraire, la testostérone exogène est obtenue par voie chimique à partir de stéroïdes végétaux.

DES RAPPORTS DIFFÉRENTS

Le carbone contenu dans les plantes a pour origine le dioxyde de carbone atmosphérique fixé lors de la photosynthèse. Deux mécanismes de fixation du dioxyde de carbone existent, de sorte que, selon le type de plante, l'enrichissement en ^{13}C change. Le rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ dans

les stéroïdes végétaux utilisés pour la synthèse de la testostérone est différent du rapport qui caractérise les molécules biosynthétisées par l'homme à partir de l'alimentation.

Par cette méthode, on analyse le dioxyde de carbone, CO_2 , formé par la combustion de la molécule étudiée ; on obtient diverses molécules issues de la combinaison des isotopes du carbone ^{12}C et ^{13}C , et des isotopes de l'oxygène ^{16}O , ^{17}O et ^{18}O , et l'on détermine l'abon-

dance relative de chacune de ces formes de dioxyde de carbone. Un logiciel traite les données et fournit directement les valeurs du rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. Cette méthode de détection donne des dosages indiscutables de la testostérone endogène et de la testostérone exogène ; elle n'est pas toujours en accord avec les résultats fournis par le rapport testostérone/épitestostérone, préconisé par le Comité olympique. Ainsi, nous avons décelé de la testostérone exogène dans des urines dont le rapport était inférieur à six, et de la testostérone naturelle pour des urines dont ce rapport était supérieur à six.

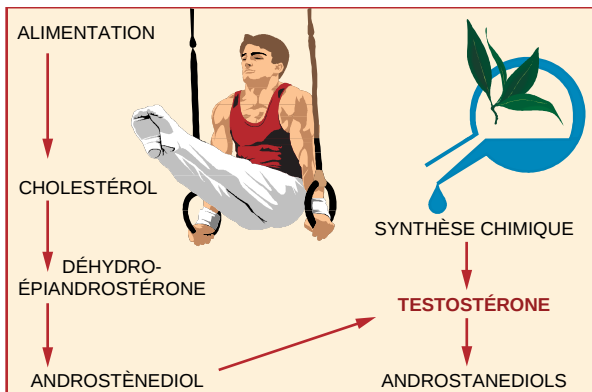
Il nous reste à préciser le rôle de l'alimentation dans les résultats obtenus. La nature de l'alimentation influe notablement sur la valeur du rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ des stéroïdes, mais cela ne devrait pas fausser les résultats : l'analyse isotopique est réalisée tant sur la testostérone elle-même que sur ses précurseurs (le cholestérol, la déhydroépiandrosterone) et sur ses métabolites, notamment les androsténoles. En comparant les rapports isotopiques obtenus pour ces différentes étapes, on détecte aisément toute variation notable du rapport, laquelle signe un apport exogène de testostérone. Les stéroïdes précurseurs servent, en quelque sorte, d'« étalons internes », propres à chaque personne.

Cette méthode exige un matériel plus onéreux que le simple dosage effectué jusqu'à présent, mais elle serait particulièrement adaptée à la confirmation des résultats ambigus obtenus par la mesure des rapports testostérone sur épitestostérone lors des compétitions sportives. Une trentaine de millilitres d'urine suffisent à l'analyse.

Michel BECCHI
CNRS - Service central d'analyse



Ben Johnson a été privé de sa médaille d'or aux Jeux olympiques de Séoul, en 1988, pour dopage aux stéroïdes anabolisants.



La testostérone dosée dans les urines peut être l'hormone mâle endogène provenant du cholestérol, lui-même issu de l'alimentation. Elle peut aussi être d'origine exogène : la testostérone de synthèse ne se distingue de la testostérone endogène que par sa composition en carbone 12 et en carbone 13.