

L'entraînement des athlètes olympiques

Les sciences du sport permettent aux athlètes de haut niveau d'améliorer leurs performances en développant leurs qualités physiologiques et mentales.



Il y a 25 siècles, Milon de Crotone avait décidé de devenir l'homme le plus fort du monde : pour s'entraîner, il faisait quotidiennement le tour d'une étable en portant un veau à bout de bras, au-dessus de la tête. Sa force augmenta avec le poids du veau, jusqu'à ce qu'il souleva une vache adulte.

Milon de Crotone, qui remporta cinq fois l'épreuve de lutte à Olympie, avait compris l'un des principes fondamentaux de la science du sport contemporaine : l'entraînement progressif, par une sollicitation des muscles à l'aide de charges croissantes, est le lot des 10 000 athlètes de 197 pays qui se rendront à Atlanta pour le centenaire des Jeux olympiques modernes.

La science du sport peut-elle aider les athlètes à mieux s'entraîner ? Depuis 50 ans, la connaissance du métabolisme humain permet d'adapter progressivement leur physiologie à la nature des performances qu'ils doivent accomplir. La force et l'endurance ne sont pas également nécessaires dans toutes les disciplines. La conduite des entraînements est ajustée pour que les compétiteurs soient au sommet de leur forme le jour des compétitions importantes.

Les spécialistes de biomécanique utilisent des ordinateurs, des caméras vidéo et des capteurs de force pour analyser les mouvements et optimiser leur coordination et leur précision. La psychologie s'allie à la physiologie pour entraîner les athlètes, car des muscles puissants ou qui résistent à la fatigue ne suffisent pas pour remporter une médaille d'or : la concentration et la motivation, tout aussi indispensables, sont

améliorées par l'entraînement mental. Ainsi les champions vont-ils toujours «plus vite, plus haut, plus fort», comme le souhaitait Pierre de Coubertin.

La majorité des sports sollicitent intensément les muscles : lors de chaque mouvement, ceux-ci se contractent et consomment de l'énergie. Celle-ci provient de la dissociation de l'adénosine triphosphate (ATP), molécule formée d'une base (l'adénine), d'un sucre (le ribose) et de trois groupes phosphate. Notre capacité de stockage musculaire de l'ATP est restreinte : quand l'effort est maximal, l'ATP disponible dans les muscles est consommée en quelques secondes seulement. Pour maintenir l'activité, le corps synthétise l'ATP de trois façons étroitement liées. La voie métabolique qu'il privilégie, à chaque instant, dépend de la puissance musculaire requise et de la durée de l'activité.

Métabolisme aérobie et anaérobie

La voie de production d'ATP qui est mise en œuvre le plus rapidement utilise la phosphocréatine, autre molécule énergétique à groupe phosphate. L'énergie libérée par la dégradation de phosphocréatine sert à la synthèse d'ATP. Cette voie ne fonctionne que pendant dix secondes au maximum, lors d'un sprint par exemple. Ensuite, le corps produit l'énergie nécessaire à la synthèse d'ATP par deux autres voies, la glycolyse anaérobie et la glycolyse aérobie.

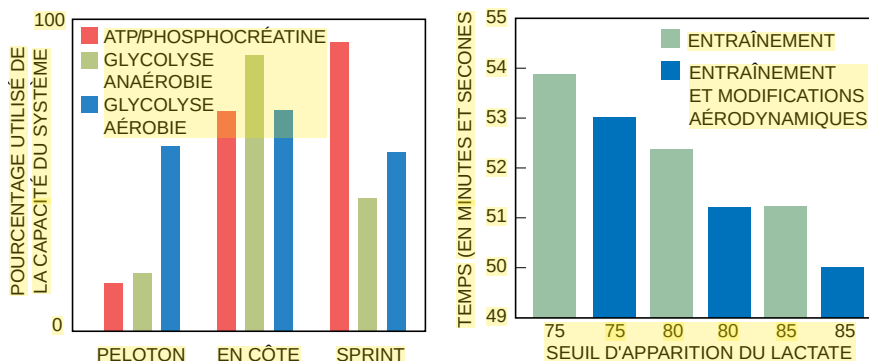
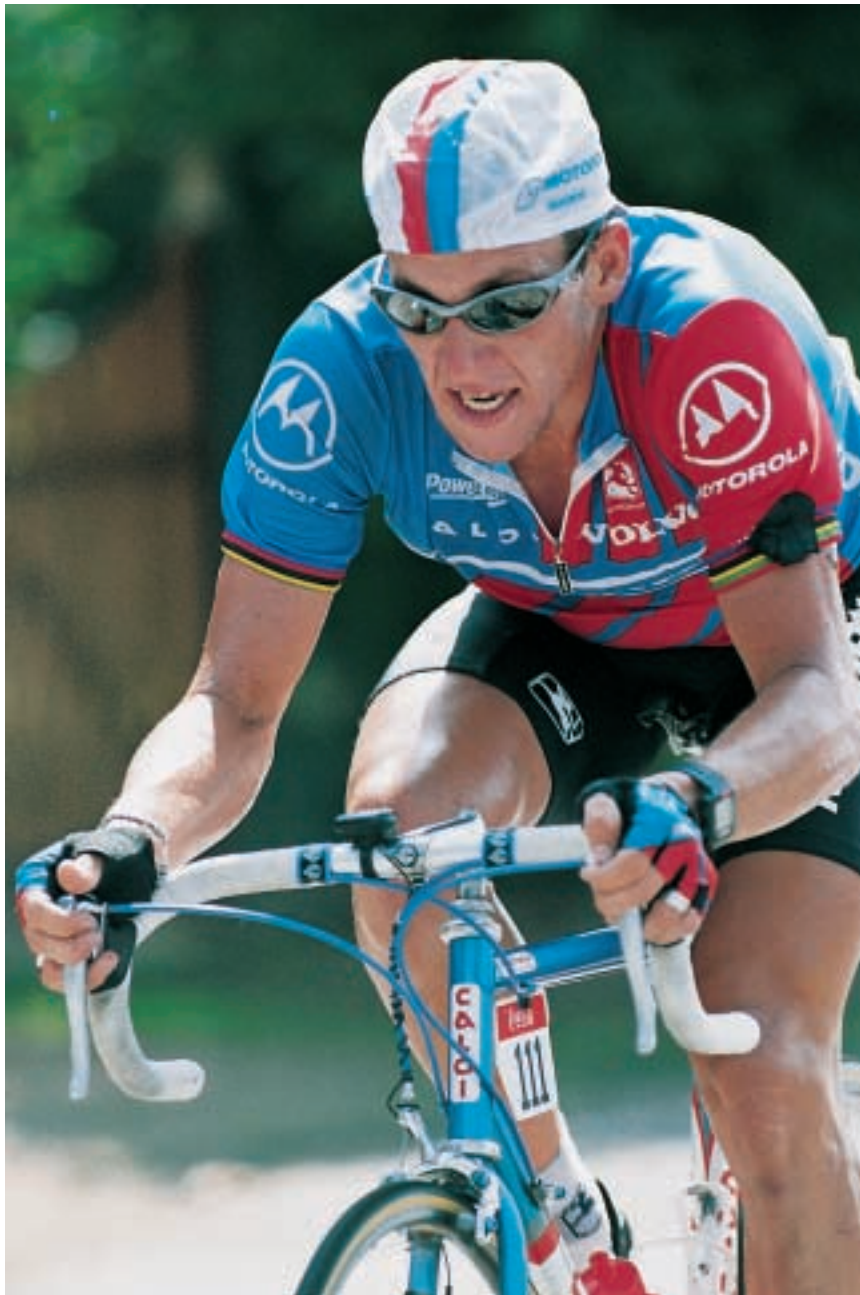
La glycolyse anaérobie intervient en premier. Les cellules produisent de l'énergie en dégradant du glucose ou du

glycogène, contenus dans les muscles. Malheureusement, cette réaction produit du lactate, qui s'accumule dans les muscles et s'y transforme en acide lactique. Après quelques minutes d'effort intense, l'acide lactique provoque des sensations de brûlures musculaires.

L'entraînement habitue les muscles des athlètes à supporter de fortes concentrations en acide lactique. Toutefois l'acide lactique et le lactate finissent toujours par inhiber la contraction musculaire. Le corps ne peut donc faire appel à la glycolyse anaérobie que pour des efforts assez brefs.

Pour les épreuves d'endurance, le corps obtient de l'énergie par le métabolisme aérobie, qui est une dégradation des sucres, des graisses et des protéines en présence d'oxygène. À l'inverse du métabolisme anaérobie, la glycolyse aérobie n'est pas activée instantanément. Ce n'est qu'après une ou deux minutes d'effort intense que le rythme cardiorespiratoire assure un apport d'oxygène suffisant à la cellule musculaire. Pendant ce délai, les muscles fonctionnent grâce à l'ATP stockée ou produite par dégradation de phosphocréatine et par glycolyse anaérobie. Avec l'activation de la voie aérobie, les autres voies métaboliques fonctionnent à un niveau inférieur : de l'acide lactique et du lactate sont toujours produits, mais

1. LA COURSE DE DEMI-FOND, que pratique Marie-José Pérec, victorieuse sur 400 mètres aux Jeux olympiques de 1992, requiert puissance et vitesse. Les muscles tirent leur énergie du métabolisme anaérobie et du métabolisme aérobie, qui doivent tous deux être performants.



2. LE MÉTABOLISME DU CYCLISME varie au cours d'une épreuve sur route (à gauche). Les performances de Lance Armstrong (en haut), champion du monde sur route en 1993, ont été analysées au centre d'entraînement américain de Colorado Springs. On lui a recommandé de modifier sa position en selle, afin d'améliorer son aérodynamisme, et de s'entraîner de façon à retarder l'accumulation de l'acide lactique dans ses muscles. En suivant ces deux conseils, il a gagné près de quatre minutes sur un parcours de 40 kilomètres (en vert, les gains dus à l'entraînement seul ; en bleu, les gains dus à l'entraînement et à l'amélioration de l'aérodynamisme).

ils sont consommés par des muscles moins actifs ou métabolisés dans le foie, ce qui évite leur accumulation.

En dépit de son efficacité, le métabolisme aérobie produit de l'énergie en quantité limitée. Des besoins temporaires supplémentaires des muscles doivent être satisfaits par les autres voies de synthèse de l'ATP. Un joueur de football, au milieu d'une mi-temps de 45 minutes, tire essentiellement son énergie du métabolisme aérobie. Quand il sprinte, son corps utilise immédiatement en complément l'ATP stockée ou l'ATP produite par la voie de la phosphocréatine. Quand ce sprint se prolonge plus de 15 secondes, la glycolyse anaérobie prend le relais. Puis, ce sprint terminé, le métabolisme aérobie redevient prépondérant, tandis que les capacités des autres voies métaboliques sont régénérées.

Les entraîneurs doivent connaître les besoins énergétiques de leurs sports afin d'ajuster l'intensité ou la durée de l'entraînement de telle façon que le fonctionnement aérobie et anaérobie des athlètes soit optimal. Progressivement, l'entraînement produit des modifications physiologiques adaptées aux besoins d'un sport donné. Ainsi l'entraînement d'un coureur de fond développe-t-il les capacités d'endurance qui reposent sur le métabolisme aérobie, tandis que celui d'un haltérophile se concentre sur la force et la puissance alimentées par la voie anaérobie.

De faibles gains, mais précieux

L'entraîneur d'un athlète de haut niveau doit gérer des investissements qui semblent de moins en moins rentables : en début de carrière, 50 à 100 heures d'entraînement engendrent une amélioration de 10 à 15 pour cent des performances mais, après quelques années, 1 000 heures d'efforts intenses font parfois gagner à peine un pour cent. En revanche, le gain marginal obtenu par les entraînements d'athlètes bien entraînés rapporte gros : l'écart entre la médaille d'or et la médaille d'argent du 100 mètres messieurs n'était, aux Jeux olympiques de 1992, que de six centièmes de seconde, soit 0,6 pour cent du temps de course.

Aux Jeux olympiques d'Atlanta, l'épreuve de plus longue durée sera la course cycliste individuelle messieurs sur route, qui durera près de cinq heures. Cette épreuve de 228 kilomètres



3. TIM McRAE, de l'équipe américaine d'haltérophilie, exécute un épaulé-jeté de 130 kilogrammes. Deux caméras rapides le filment afin d'analyser son mouvement. En combinant les prises de vues des deux caméras, on obtient une image en trois dimensions (en bas).

rassemblera des concurrents dont l'entraînement sera optimisé pour un effort aérobie soutenu. Le coureur américain Lance Armstrong y remportera-t-il une médaille? Champion du monde sur route en 1993, il a gagné une étape du Tour de France en 1995, et la Flèche wallonne en 1996.

Les aptitudes de L. Armstrong se sont révélées dès son jeune âge. À 15 ans, sa capacité aérobie exceptionnelle le plaçait parmi les meilleurs athlètes mondiaux. La capacité aérobie, révélatrice des capacités cardiorespiratoires, est évaluée par la consommation maximale d'oxygène, nommée $VO_2\text{max}$ (l'oxygène est ensuite fourni aux cellules musculaires pour synthétiser l'ATP). La $VO_2\text{max}$ de L. Armstrong était de 80 millilitres d'oxygène par kilogramme de poids corporel et par minute. À 24 ans, il conserve cette $VO_2\text{max}$, qui est presque le double de la moyenne observée chez les hommes en bonne santé.

Dans le cadre de sa préparation pour les Jeux olympiques, L. Armstrong a fait plusieurs séjours au plus grand centre d'entraînement du Comité olympique américain, à Colorado Springs. Durant l'un de ses séjours, il s'est soumis à une évaluation du métabolisme sur cyclo-ergomètre, appareil qui contrôle avec précision l'effort physique (l'intensité et la vitesse de pédalage de l'athlète). Sa $VO_2\text{max}$, son rythme cardiaque et la concentration en acide lactique dans ses muscles ont été mesurés. Sa $VO_2\text{max}$ était la plus élevée de toutes celles mesurées chez les cyclistes américains. Sa puissance maximale était de 525 watts.

Les physiologistes ont aussi mesuré la vitesse d'accumulation du lactate dans ses muscles. Le seuil d'apparition de lactate est exprimé en pourcentage de la $VO_2\text{max}$ et correspond à la valeur à partir de laquelle l'accumulation du



lactate s'accélère. Chez L. Armstrong, ce seuil d'apparition de lactate était à 75 pour cent de sa $VO_2\text{max}$, soit dix pour cent de moins que la moyenne des meilleurs cyclistes américains. Aussi les entraîneurs lui ont-ils recommandé de s'entraîner plus souvent à un niveau d'effort égal ou légèrement supérieur à ce seuil, ce qui modifie les fonctions circulatoire, nerveuse et enzymatique, et repousse ainsi le seuil d'accumulation du lactate. Son seuil d'apparition de lactate est passé de 75 à 79 pour cent. L. Armstrong, qui parcourt maintenant, en entraînement ou en course, jusqu'à 40 000 kilomètres par an, contre environ 1 600 kilomètres

à 15 ans, a enregistré de meilleurs résultats lors de ses dernières courses.

Un exercice explosif

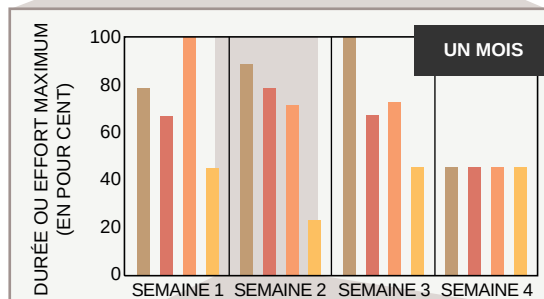
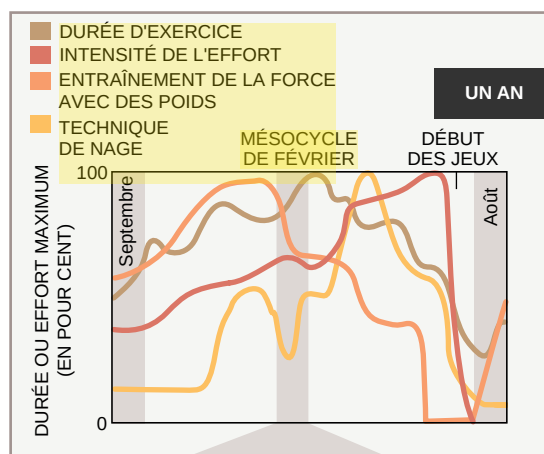
La physiologie d'un haltérophile est à l'opposé de celle d'un cycliste. L'haltérophilie est l'épreuve la plus brève des Jeux olympiques, et fait appel quasi exclusivement à la force et à la puissance musculaire. Soulever 120 à 250 kilogrammes requiert une puissance de 3 000 watts pendant une seconde. L'haltérophile puise l'énergie dans l'ATP stockée dans les muscles et dans la dégradation de la phosphocréatine. Pendant la longue période de récupération qui sépare, à l'entraînement, chaque série de cinq levers, ces réserves d'énergie se reconstituent par voie aérobie.

Tim McRae, qui souleve plus de deux fois son propre poids, a été cinq fois champion des États-Unis ; il détient les records nationaux dans trois catégories de poids pour l'arraché et l'épaulé-jeté. Dans l'arraché, l'athlète tient la barre avec les deux mains écar-

tées de deux à trois largeurs d'épaules. Il la tire d'abord jusqu'à la hauteur de la poitrine, puis s'accroupit en dessous en l'élevant au-dessus de sa tête, bras tendus ; enfin il se remet debout en maintenant la barre à bout de bras. L'épaulé-jeté se réalise avec les mains moins écartées : l'athlète amène la barre au niveau de sa poitrine et fléchit les jambes pour la stabiliser sur ses épaules avant de se relever. Après une pause, il étend complètement les bras et une puissante poussée verticale des jambes l'aide à soulever la barre.

La morphologie de T. McRae (des jambes courtes, un long torse et une belle musculature) est bien adaptée à l'haltérophilie. Sa petite taille (1,60 mètre) lui permet de soulever la barre moins haut que ses concurrents. Son aptitude physique la plus remarquable est peut-être sa détente : il saute à près d'un mètre de haut sans élan, ce qui donne une idée de la puissance des jambes que requiert l'haltérophilie.

Toutefois T. McRae ne gagnera probablement pas de médaille à Atlanta,



	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE
MATIN	ENDURANCE (AÉROBIE)	ENDURANCE (AÉROBIE)		EFFORTS AU SEUIL DE LACTATE	ENDURANCE (AÉROBIE)	EFFORTS AU SEUIL DE LACTATE	EXERCICES INDIVIDUALISÉS
MIDI	FORCE : LEVERS DE POIDS	EFFORTS INTENSES (ANAÉROBIE)	FORCE : LEVERS DE POIDS		ENDURANCE (AÉROBIE)		UNE SEMAINE
APRÈS-MIDI			COURSE DE FOND	FORCE : LEVERS DE POIDS	COURSE DE DEMI-FOND		
	15 séries de 15 coups d'aviron à 100 pour cent		sur 8 kilomètres		15 courses de 400 mètres		
	Quatre exercices de 25 minutes chacun, à un rythme cardiaque de 148 à 160 pulsations par minute		Entre trois à cinq séries de dix levers différents, répétés cinq à dix fois à 90 pour cent de l'effort maximum		Quatre exercices de dix minutes chacun, à un rythme cardiaque de 190 pulsations par minute		



4. L'ÉQUIPE AMÉRICAINE D'AVIRON, dont les sœurs McCagg (ci-dessus) sont membres, s'entraîne en suivant un programme décomposé en années, trimestres, mois, semaines et jours. La durée de l'intensité et le type d'effort sont soigneusement diversifiés, jusqu'au moment du relâchement de l'entraînement, juste avant le début des Jeux olympiques.