

LES RECORDS DES CHAMPIONS POURRONT-ILS TOUJOURS ÊTRE BATTUS ?

Patrice Bray, Andrée Harari, Jean-Claude Bernier

D'après l'article *Optimisation des performances, complexité des systèmes et confrontation aux limites* de Jean-François Toussaint publié dans l'ouvrage « La chimie et le sport » EDP Sciences, 2011, ISBN : 978-2-7598-0596-9

Battre les records, aller plus vite, être le meilleur, l'être humain est à la recherche du dépassement de soi. Qu'est-ce qui permet d'accéder à de telles performances ? (1) L'énergie ou le plaisir ? Usain Bolt (Figure 1) a, à la fois, la capacité de courir extrêmement vite et celle de partager l'immense plaisir qu'il ressent avec le public. Ceci est le résultat d'une cascade de réactions chimiques au sein de l'organisme transformant de l'énergie chimique en énergie mécanique.

JUSQU'OUÛ IRONT LES RECORDS ?

L'être humain, comme toute espèce animale assurant sa survie, atteint sa vitesse la plus grande lorsqu'il tente d'échapper à ses prédateurs. De fait, il existe toujours à notre époque un lien extrêmement fort entre les capacités physiques maximales (mesurées par la vitesse de déplacement) et l'espérance de



Figure 1. L'athlète jamaïcain Usain Bolt, après sa victoire et son deuxième record du monde sur cent mètres, le 16 août 2008 aux Jeux olympiques de Pékin. Licence CC-BY-SA-2.00, GFDL. Boltbeijing.jpg: Jmex60.

vie. Ironiquement, on peut ainsi considérer que les recordmen du sprint ne sont pas les descendants des chasseurs les plus véloces mais ceux des fuyards les plus vifs !

Si on s'intéresse aux sports qui s'appuient essentiellement sur la physiologie humaine, comme le sprint ou la natation, on constate que l'évolution des records dépend de l'évolution de la morphologie plutôt que de la technologie (Figure 2). Il en résulte un ralentissement de l'amélioration des performances.

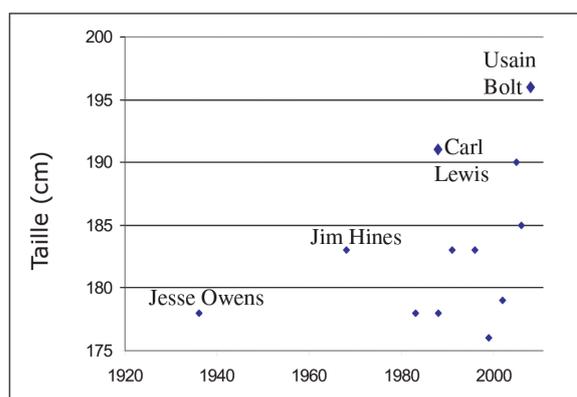


Figure 2. L'augmentation de la taille des recordmen du monde du cent mètres en un siècle est très explicite ! Source : V. Thibault, IRMES 2008.

L'étude de l'évolution des records du 400 m nage libre féminin (Figure 3) montre ainsi une progression des temps de plus en plus faible tendant vers une stagnation. On constate par exemple qu'aucun record n'a été battu au cours de la décennie précédant Laure Manaudou en 2007 et Federica Pellegrini en 2008 et 2009, toutes deux bénéficiant de l'apport d'une nouvelle technologie : la combinaison.

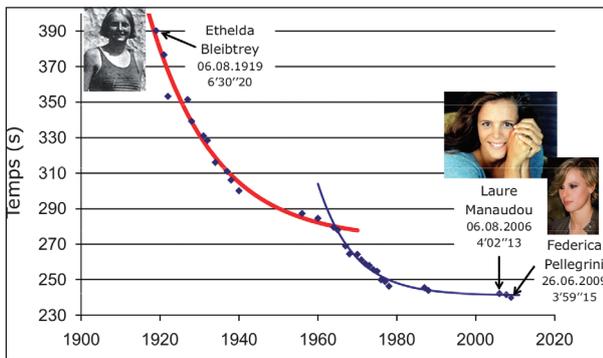


Figure 3. Évolution des performances sur le 400 mètres nage libre féminin. On constate une raréfaction des records depuis près de 30 ans. Source : N. El Helou, IRMES 2009.

La même tendance se retrouve dans tous les sports. Le record du 100 mètres féminin semble atteindre une limite, un plancher, autour de 10,9 secondes. Depuis vingt ans, il n'y a quasiment plus de progression des dix meilleures athlètes mondiales.

Cependant, apparaissent parfois des phénomènes inattendus qui font immédiatement naître des soupçons de dopage (2). Ce dopage améliore peut-être les performances de l'athlète mais il n'est pas sans danger vital. C'est probablement ce qui permet d'expliquer le décès brutal en 1998 de la sprinteuse Florence Griffith-Joyner. La cause n'est pas élucidée (3) mais l'hypertrophie musculaire, et possiblement cardiaque, dont elle avait fait preuve dans les mois précédant ses records hors normes, a toujours laissé la marque d'une grande ambiguïté (Figure 4).

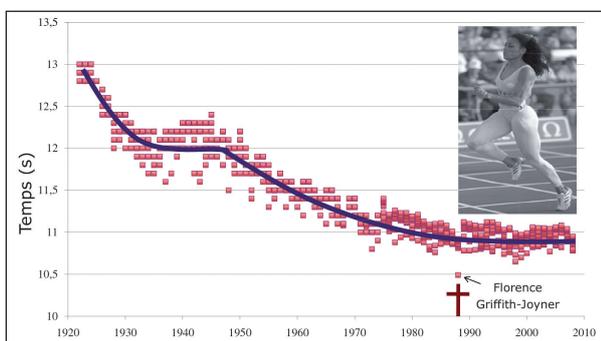
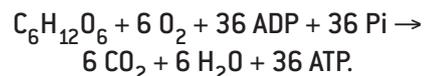


Figure 4. L'évolution des performances sur le 100 mètres féminin est régulière (elle suit une double exponentielle). La performance réalisée par Florence Griffith-Joyner en 1988 apparaît comme hors norme. Ce record est pourtant toujours considéré comme valide. Source : M. Guillaume et al. (2009). Athlete Atypicality on the Edge of Human Achievement: Performances Stagnate after the Last Peak, in 1988. PLoS ONE, 4: e7573.

COMMENT LE CORPS PRODUIT DE L'ÉNERGIE ?

C'est l'alimentation du sportif qui lui apporte son énergie, sous forme de glucose. Le glucose n'est cependant pas utilisable directement par le muscle. Deux molécules sont nécessaires pour exploiter l'énergie du glucose : l'ADP et l'ATP, adénosine diphosphate et adénosine triphosphate (4).

Une première transformation chimique se produit au sein des mitochondries. Elle a des caractéristiques communes avec une respiration : elle nécessite du dioxygène et du glucose, ainsi que de l'ADP, présent dans les mitochondries. Elle peut être modélisée par une réaction chimique dont l'équation est :



L'ATP peut ensuite être utilisé par les muscles. Il se produit une seconde transformation chimique, qui consiste en une hydrolyse de l'ATP et qui donne en retour de l'ADP (Figure 5) :

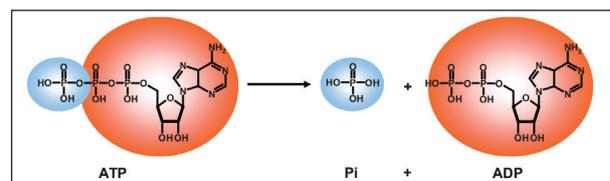


Figure 5. L'hydrolyse de l'ATP en ADP (adénosine diphosphate) et en Pi (phosphate inorganique).

Cette réaction libère une grande quantité d'énergie que les muscles convertissent en énergie mécanique (5) (voir encart « La contraction musculaire nécessite de l'ATP et du calcium »).

COMMENT LE CORPS PRODUIT DU PLAISIR ?

L'utilisation de l'ATP par nos muscles n'est pas le seul moteur nécessaire dans la course au record. Lors d'efforts intenses, on observe la production d'une endorphine sécrétée par le cerveau. Comme toute morphine, elle a une forte capacité analgésique à remplacer la douleur inhérente à toute tentative de dépassement des limites par une sensation de bien-être. Ainsi, ce rôle des endorphines libérées est-il l'élément primordial de la récompense, la motivation, le moteur psychologique poussant les uns et les autres à se dépasser pour un titre de champion olympique comme pour toute compétition (6), quel qu'en soit l'enjeu ?

La contraction musculaire nécessite de l'ATP et du calcium

Comment l'ATP permet-il à nos muscles de se contracter ? Zoomons sur nos muscles, semblables à des gaines contenant des milliers de câbles. Ces câbles sont des fibres, qui ne sont autres que des cellules musculaires à l'aspect allongé, parallèles entre elles et striées. Regroupées, elles forment les tendons (dessinés en jaune sur la Figure 6). Un sarcomère est composé de l'association de deux types de protéines contractiles : l'actine et la myosine ; c'est leur interaction qui provoque la contraction musculaire.

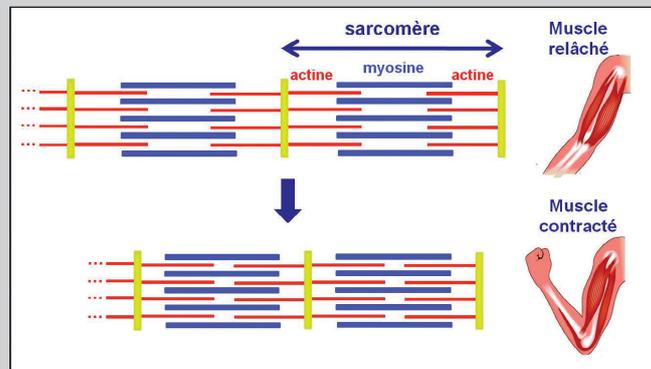


Figure 6. La contraction musculaire résulte du raccourcissement des sarcomères constitutifs des microfibrilles, dû au glissement l'une sur l'autre des fibres d'actine et de myosine.

Regardons en détails (Figure 7).

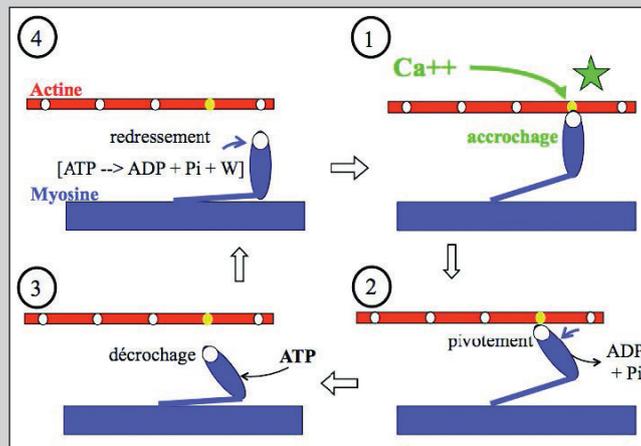


Figure 7. Rôles du calcium et de l'ATP dans la contraction musculaire.

Au repos, l'actine et la myosine sont séparées : il n'y a pas de contraction musculaire ④.

Au moment où notre cerveau commande un mouvement, ses messagers chimiques sont acheminés vers le muscle, appelant de nombreux ions calcium Ca^{2+} à diffuser dans la cellule musculaire. Ils permettent à l'actine de s'approcher de la myosine ①. Dans le même temps, la tête de myosine s'active en transformant l'ATP en ADP, fournissant l'énergie nécessaire pour qu'actine et myosine entrent en contact et glissent l'une vers l'autre. L'ADP en quittant la myosine conduit à un raccourcissement longitudinal de la cellule musculaire ②, correspondant à une phase de contraction musculaire. Le couple actine-myosine reste ainsi soudé et stable ; seuls l'arrivée d'une nouvelle molécule d'ATP et le départ des ions calcium peuvent les dissocier, pour que le muscle se relâche ③.

Dès que l'ATP se fixe à nouveau sur la tête de myosine, elle est transformée en ADP, ce qui entraîne un changement de forme de la myosine et un retour à sa position initiale de relaxation ④.

Si nous avions le même moteur moléculaire qu'Usain Bolt sans le désir et le plaisir qu'il ressent lors de la victoire, nous n'obtiendrions probablement pas les résultats auxquels il est parvenu au cours de sa carrière.

CONCLUSION

Ce n'est pas l'une ou l'autre des molécules intervenant au cours de l'effort qui permet d'expliquer les performances sportives, mais toutes ensemble : endorphine, actine myosine et un grand nombre d'autres (la phosphocréatine, l'alpha-actinine...). À quelles doses agissent-elles ? On ne le sait pas toujours. Quelles sont les concentrations précises, nécessaires à leurs interactions et leurs inter-régulations ? Cela reste encore à découvrir...

POUR EN SAVOIR PLUS

(1) Les molécules de la performance

<http://www.mediachimie.org/node/288>

(2) Les matériaux de la performance (Chimie et ... junior)

<http://www.mediachimie.org/node/1060>

(3) Le dopage (Chimie et ... junior)

<http://www.mediachimie.org/node/1059>

(4) La fabrique des champions (Chimie et... junior)

<http://www.mediachimie.org/node/1055>

(5) Un exemple de réaction biochimique : les enzymes mènent la danse

<http://www.mediachimie.org/node/551>

(6) Effets de l'exercice physique et de l'entraînement sur la neurochimie cérébrale : effets sur la performance et la santé mentale

<http://www.mediachimie.org/node/320>

Jean-Claude Bernier, professeur émérite de l'Université de Strasbourg, ancien directeur scientifique des sciences chimiques du CNRS

Patrice Bray, professeur de physique chimie

Andrée Harari, ingénieur ENSCP, directeur de recherches honoraire au CNRS, spécialité de recherches : science des matériaux

Grégory Syoën, professeur agrégé, chef de projet Mediachimie-Fondation de la maison de la chimie