A female athlete is captured in mid-stride on a red running track. She is wearing a bright yellow short-sleeved athletic top and black leggings with white accents. Her hair is pulled back, and she has a focused expression. The background shows a blurred stadium setting with metal railings. In the top right corner, there is a solid blue rectangular graphic element.

Vous n'en avez jamais entendu parler. Et pour cause! Le principe de ce nouveau mode d'entraînement par le biais de séquences d'effort extrêmement brèves vient seulement de faire surface. Et c'est le professeur Guy Thibault, auteur de l'article, qui a eu l'idée de le baptiser "*nano-entraînement*".

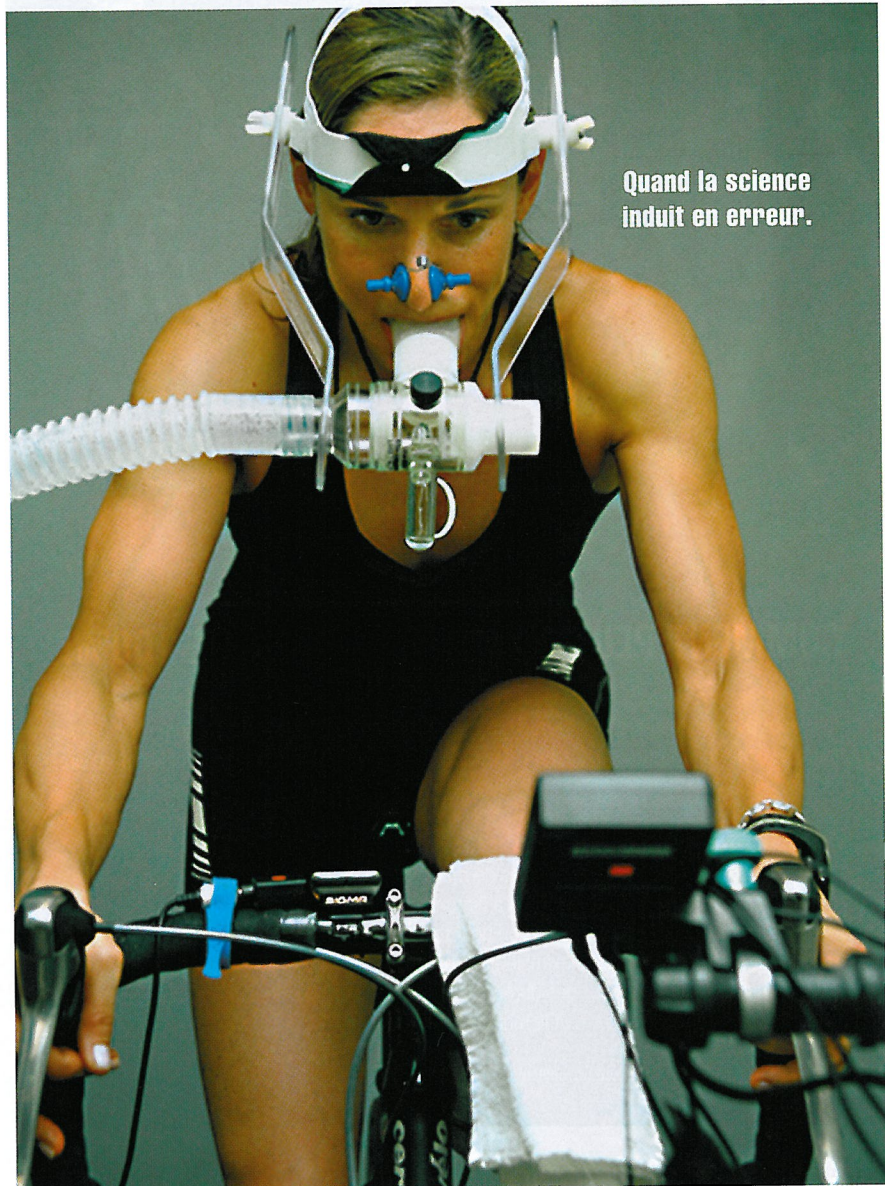
Et maintenant

# le nano entraînement!

Les nanotechnologies sont à la mode. Le terme s'applique pour définir tout ce qui se gère dans l'infiniment petit. Les experts prévoient que cette ingénierie microscopique va révolutionner des domaines comme le transport de l'énergie, l'exploration du corps humain, le stockage des données informatiques, etc. Très souvent, on présente comme le point de départ de cette nouvelle science un discours du physicien (et joueur de bongo) Richard Feynman dans lequel il prédisait, devant ses collègues ébahis de la société américaine de physique, qu'on serait un jour capable de faire tenir l'intégralité de l'Encyclopédie Universalis sur une tête d'épingle. Cela paraissait complètement dingue au début des années soixante. Aujourd'hui, c'est réalisable et l'on doit s'attendre à ce que des progrès immenses soient accomplis en travaillant à une échelle qui donnerait à un simple grain de poussière les proportions d'une planète. Il faut savoir en effet que le préfixe "nano" désigne une division d'une unité quelconque par un milliard (ou par  $10^{-9}$ ). Le nanomètre désigne donc un milliardième de mètre, soit 4 centimètres à peine par rapport à la surface de la terre (40.000 kilomètres). Fort bien. Mais jusqu'à présent, on ne voit pas très clairement le lien avec l'entraînement. Attendez, nous y arrivons! D'après des recherches récentes, menées surtout au Canada, on pourrait améliorer assez nettement son aptitude aérobie, en tous les cas sa  $VO_2$  max, en réduisant les durées d'effort. Certes, il n'est pas (encore) question de faire de l'entraînement par intervalles en nanosecondes, mais la nouvelle suffit déjà à produire beaucoup d'émoi dans la communauté des chercheurs.

## Aux origines de la peur

Jusqu'à présent, tout le monde avait plus ou moins intégré l'idée que, pour progresser en endurance, il fallait se soumettre à de très lourdes charges de travail. Il suffit d'écouter les athlètes. Chaque fois qu'ils sont invités à commenter leurs bons résultats, ils vantent les vertus du travail et leur propre capacité à s'astreindre à des entraînements plus exigeants que leurs adversaires. "Si une séance de deux heures peut nous faire progresser, alors une séance de quatre heures nous fera progresser deux fois plus." Voilà en gros le principe qui a guidé la préparation physique pendant des décennies. La plupart des programmes privilégiaient aussi la durée



Quand la science induit en erreur.

des exercices par rapport à l'intensité, sans doute en raison des craintes qu'avait suscitées en son temps une mauvaise interprétation des données scientifiques. Pour comprendre cela, il faut remonter une bonne trentaine d'années en arrière, jusque dans la période qui précède les Jeux olympiques de Montréal de 1976. La mode était alors aux électrocardiogrammes (ECG), et tout ce qui sortait des normes était considéré comme suspect. Quand un médecin du sport diagnostiquait un "cœur d'athlète" (NB: l'expression désigne une adaptation tout à fait saine et naturelle de l'organe à la pratique sportive), il fronçait les sourcils et demandait à son patient de ne plus s'imposer des efforts qui l'amèneraient à dépasser des plages de fréquence cardiaque ridiculement basses. Sous peine, disait-il, de voir la paroi du cœur s'épaissir dangereuse-

ment au détriment des cavités et donc du débit. Les plus grands champions firent l'objet de telles mises en garde, notamment Eddy Merckx qui dut braver l'avis des médecins pour passer malgré tout professionnel. Cette forme de psychose a duré quelques années jusqu'à ce qu'on découvre, grâce à de nouvelles images obtenues par échographie cette fois, que l'entraînement intensif améliorerait au contraire la fonction du cœur sans produire l'épaississement tant redouté. On s'empressa donc de corriger cette première erreur. Mais cela n'a pas suffi à faire totalement disparaître l'ancienne méfiance à l'égard des très hautes intensités d'exercice. Quatre ans plus tard, les Jeux olympiques se tiennent à Moscou et un nouvel outil fait son apparition: le cardiofréquence-mètre. Hosannah! On croit enfin détenir la clé qui manquait pour parer la



## COMMENT PEUT-ON ALLER AU-DELÀ DE 100%?

Le jargon des scientifiques comprend des expressions qui paraissent absurdes a priori mais qui ne le sont pas forcément, du moins lorsqu'on fait l'effort de se mettre dans l'esprit du raisonnement qui a présidé à cette construction. C'est le cas lorsqu'on parle des contractions musculaires excentriques. Cela heurte du point de vue sémantique. Mais on comprend assez vite qu'on désigne ainsi la résistance qu'un muscle peut opposer à son propre étirement. Le même problème se pose lorsqu'on évoque les intensités de travail supérieures à 100%. A priori, cela semble contraire aux règles élémentaires de mathématiques. En fait, tout est question de référentiel. Le 100% en question correspond à l'intensité d'effort d'une consommation d'oxygène à son apogée, une intensité d'effort que l'on peut tenir quelques minutes (\*). Pas plus. En course à pied, on parle aussi de vitesse maximale aérobie (VMA). Bien sûr, il reste possible de dépasser cette intensité de référence sur des durées plus brèves. Voilà pourquoi on ose parler d'effort à plus de 100%. Sans faire rigoler tout le monde!

(\*) Entre 4 et 6 minutes, selon le degré de motivation.

préparation physique de toute la rigueur scientifique voulue. On oubliait seulement que la fréquence cardiaque n'est un indice fiable de l'intensité de l'effort que si elle est stable et inférieure à celle qui correspond à sa consommation maximale d'oxygène ( $VO_2$  max). Si vous poussez l'effort un peu au-delà, cette fréquence cardiaque perd tout son intérêt. Qu'à cela ne tienne. Les spécialistes se mirent en devoir de concevoir des programmes dosés comme des recettes de cuisine, mais toujours sur base d'efforts relativement modestes et sans trop s'attarder sur les différences énormes qui existaient de ce fait avec les exigences de la compétition. Là encore, il a fallu du temps pour se rendre compte de cette erreur. Et ce n'est pas fini. Aussitôt après, on en commet une autre: celle d'attribuer trop d'importance à la fluctuation des taux de lactate et à croire en l'existence d'un seuil anaérobie. Certes, lors d'un exercice de difficulté croissante, on

passé par un stade proche de l'épuisement où l'on produit plus de lactate qu'on ne parvient à en éliminer. Contrairement à ce que beaucoup de sportifs pensent encore, ce lactate n'est pas la cause de la fatigue, seulement la conséquence d'un débordement des filières aérobie. Ensuite, il est illusoire de vouloir leur faire correspondre une fréquence cardiaque précise (\*). En conséquence de quoi, ce fameux seuil anaérobie n'est d'aucune utilité pratique. N'en

*« Partons à l'assaut de cet autre bastion de la physiologie: le seuil anaérobie et tout son fatras de fausses certitudes qui consistent à penser qu'on ne gagne rien en flirtant avec les intensités maximales d'effort ».*

déplaie à tous ces entraîneurs qui recommandent à leurs poulains de travailler "au seuil" soit, dans leur esprit, à des intensités d'effort qui correspondent à cet hypothétique basculement des filières de production, considérant du même coup que les exercices à intensité plus élevée ne revêtent aucun intérêt. Or c'est faux! Dans le précédent numéro de Sport et Vie, nous nous étions prêtés à l'exercice salutaire de dégommer le lipoxmax (\*\*). Cette fois-ci, nous partons à l'assaut de cet autre bastion de la physiologie: le seuil anaérobie et tout son fatras de fausses certitudes qui consistent à penser qu'on ne gagne rien en flirtant avec les intensités maximales d'effort. Bien entendu, nous avons conscience qu'à force de tout remettre en question, le lecteur le plus patient finira par se lasser d'une science aussi versatile. Heureusement, certaines choses sont immuables. Ainsi personne ne remet en question l'importance majeure de la  $VO_2$  max dans les sports d'endurance. On a aussi de bonnes raisons de croire que, pour maximiser l'amélioration de ces qualités physiologiques, il faut les solliciter le plus possible à l'entraînement. C'est ce qu'on appelle le principe de spécificité. Des chercheurs (surtout en France) se sont donc efforcés de trouver des formules d'entraînement par intervalles (EPI) qui permettent de tenir le plus longtemps possible une consommation d'oxygène ( $VO_2$ ) équivalente ou très proche de la  $VO_2$  max. En général, cela donne des séances où l'on alterne des périodes de repos et des exercices intenses d'une durée moyenne de moins d'une minute. Et cela marche! Pas de doute là-dessus. On progresse même plus vite qu'avec les anciens préceptes de course au train. Mais que se passe-t-il si l'on réduit encore les fractions?

(\*) Lire Sport et Vie n°92, septembre-octobre 2005: La mauvaise réputation.

(\*\*) Lire Sport et Vie n°119, mars-avril 2010: Lipoxmax: mythe ou réalité?

## Les séances de Gibala

Tous les manuels d'entraînement sportif déconseillent de s'entraîner à des intensités supérieures à la  $VO_2$  max. Plus exactement, ils prétendent que cela peut avoir un sens dans les sports de vitesse et de puissance explosive mais que cela ne sert à rien si l'on cherche à développer des qualités aérobies. Seulement, personne n'avait songé à vérifier sur le terrain la véracité de cette affirmation. Un jour qu'il était en mal d'inspiration, ou alors peut-être voulait-il enfin démontrer scientifiquement l'inefficacité d'un entraînement supramaximal pour développer les aptitudes d'endurance, bref, un jour de l'année 1999, le chercheur australien Nigel Stepto a soumis différents groupes d'athlètes à des entraînements avec des intensités respectivement fixées à 80, 85, 90, 100 et même 175% de leur puissance maximale aérobie (1). Surprise! Il a découvert que les athlètes qui s'entraînaient à la plus haute intensité (175%) selon un programme qui

alternait des phases de 30 secondes d'effort épuisant entrecoupées de 4 minutes et demie de récupération, améliorait leur performance dans un exercice de contre-la-montre cycliste de 40 kilomètres avec une marge parfois supérieure à celle des quatre autres groupes. C'est très étrange dans la mesure où l'on sait qu'un tel exercice dure environ une heure et se déroule donc dans une fourchette d'intensité d'effort autour de 80% de  $VO_2$  max. C'est comme si, en l'occurrence, le principe de spécificité de l'entraînement ne tenait pas. On aurait sans doute été tenté de ranger ces conclusions sous le tapis si d'autres équipes de chercheurs n'étaient parvenues au même résultat, notamment celle du Japonais Izumi Tabata (2). Lors d'une expérience célèbre, elle a démontré que des séances de six ou sept sprints de 20 secondes à 170% de la puissance maximale aérobie s'accompagnaient d'une amélioration de la capacité anaérobie (NB: on s'y attendait un

peu), mais aussi d'une nette augmentation de la  $VO_2$  max (NB: ce qui est beaucoup plus étonnant). Puis ce fut le tour de Martin Gibala et de son équipe de stupéfier leurs collègues en démontrant que les séances d'entraînement ne devaient pas nécessairement être nombreuses pour faire monter l'aptitude aérobie d'un cran (3, 4). Ce professeur de l'Université McMaster (Ontario, Canada) a conçu de nombreux protocoles sur base d'exercices encore plus brefs et intenses. Lors d'une expérience, il a enregistré une amélioration de l'aptitude aérobie avec des séances de seulement 4 à 8 sprints de 30 secondes. Oui, vous avez bien lu: 30 secondes! Ça commence à ressembler à du nano-entraînement, non? A moins bien sûr que l'histoire ne préfère retenir le nom de celui qui a proposé cette formule. Il se pourrait alors que les athlètes adoptent une nouvelle expression pour désigner ce travail et parlent de "séances de Gibala".

En compétition,  
on va plus loin.



## Objectif Cancellara



Compte tenu de l'impact important de ces travaux sur les connaissances du moment, nous vous proposons de détailler une expérience qui réunissait six hommes et huit femmes, soit quatorze sujets que l'on peut définir comme "physiquement actifs" sans pour autant les qualifier d'athlètes (5). Pendant deux semaines, ils suivirent un programme qui comprenait trois séances hebdomadaires (le lundi, le mercredi et le vendredi). Chaque fois, il leur était demandé de pédaler à intensité maximale pendant 30 secondes sur un vélo fixe. Ensuite, ils avaient quatre minutes pour récupérer. Quant au nombre de répétitions, il est

progressivement passé de quatre à sept par séance. Au début et à la fin de la recherche, on évaluait les sujets à l'aide d'un test où ils devaient tenir le plus longtemps possible une intensité correspondant à 80% de leur

VO<sub>2</sub> max. Après les deux semaines d'entraînement, un seul sujet a vu fondre sa performance (-16%). Mais il venait de s'infliger une blessure à la cheville. Pour les autres, l'amélioration variait entre 81% et 169%. Même en tenant compte du sujet blessé, la moyenne des temps d'effort est passée de 26 à 51 minutes. C'est énorme! Surtout lorsqu'on considère que cette progression venait après seulement deux semaines d'entraînement soit avec à peine vingt minutes d'effort cumulé. Le monde scientifique se trouvait confronté à une observation en décalage total avec tout son héritage. Un peu comme si quelqu'un avait lancé, il y a quelques décennies, l'idée complètement farfelue que le bloc soviétique s'effondrerait, qu'un survivant d'un cancer remporterait sept fois d'affilée le Tour de France ou qu'un Président de la République française épouserait une top-modèle. Restait évidemment à expliquer ce phénomène, ce qui n'est pas évident. En fait, il apparaît que des brèves périodes d'efforts maximaux produisent une augmentation de l'activité des enzymes du métabolisme aérobie (comme la citrate synthase) qui favorise *in fine* les filières de production d'énergie.

## Lemon coupe encore plus court

Mais tout n'a pas encore été tiré parfaitement au clair. Par exemple, quelle est la nature du "signal" déclenchant l'adaptation aérobie? C'est la question sur laquelle s'est penchée l'équipe du professeur Peter Lemon, de la Western Ontario University (6). Serait-ce la dureté de l'effort dans les dernières secondes du sprint lorsqu'on cherche à ne pas rendre les armes malgré la fatigue? Ou serait-ce plutôt lié au début de l'exercice et le passage par une pointe de puissance lors des 5 à 10 premières secondes? Pour le savoir, Lemon et ses collègues ont donc lancé une expérience comparable à celle de Gibala, mais avec des fractions d'effort encore plus courtes.

*« Des brèves périodes d'efforts maximaux produisent une augmentation de l'activité des enzymes du métabolisme aérobie (comme la citrate synthase) qui favorise in fine les filières de production d'énergie ».*

Nouvelle surprise! Ils ont découvert qu'à l'issue d'un programme d'à peine six séances réparties sur deux semaines qui comportaient chaque fois 4 à 8 sprints maximaux de seulement 10 secondes, on améliorerait son aptitude aérobie et ses performances aussi bien qu'avec les autres formules. Dix secondes seulement! Là, on se rapproche vraiment du concept de nano-entraînement.

## Mille questions et une certitude

Ces nouvelles découvertes posent évidemment beaucoup plus de questions qu'elles n'apportent de réponses. Par exemple: la démonstration de l'efficacité de la méthode a été faite sur des personnes modérément sportives: est-ce que cela marcherait aussi chez des athlètes confirmés? Quelle serait la meilleure formule pour eux? Faudrait-il

combiner les séances de nano-entraînement et les séances d'entraînement par intervalles moins intensives? Comment faire pour en améliorer encore l'efficacité: réduire le délai de 4 minutes de récupération? Augmenter le nombre de sprints par séance? Et quid de l'efficacité du nano-entraînement dans des programmes d'amaigrissement? Ces thématiques font actuellement l'objet de recherches et, à ce stade, on ne peut être sûr que d'une seule chose: on avait tort de restreindre l'entraînement supramaximal au développement des seules qualités comme la vitesse ou la puissance, alors qu'il sied aussi très bien aux sports d'endurance.

**Guy Thibault, Ph.D.**

*Chercheur, ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport, gouvernement du Québec et Professeur associé, Département de kinésiologie, Université de Montréal*

### RÉFÉRENCES

- (1) STEPTO, NIGEL K.; HAWLEY, JOHN A.; DENNIS, STEVEN C.; HOPKINS, WILL G. *Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance*, par *Medicine & Science in Sports & Exercise*: May 1999 - Volume 31 - Issue 5 - pp 736-741.
- (2) Tabata I, Nishimura K, Kouzaki M, Hirai Y, Ogita F, Miyachi M et Yamamoto K (1996) *Effects of moderate intensity endurance and high intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO2 max*. *Med Sci Sports Exerc* 28:1327-30.
- (3) Burgomaster KA, Hughes SC, Heigenhauser GJF, Bradwell SN et Gibala MJ (2005) *Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans*. *J Appl Physiol* 98:1985-90. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15705728](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15705728)
- (4) Burgomaster KA, Howarth KR, Phillips SM, Rakobowchuk M, MacDonald MJ, McGee SL et Gibala MJ (2008) *Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans*. *J Physiol* 586(1):151-60. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17991697](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17991697)
- (5) Gibala MJ et McGee SL (2008) *Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain?* *Exerc Sport Sci Rev* 36(2):58-63. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18362686](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18362686)
- (6) Hazell TJ, MacPherson REK, Braden MR Gravelle et Lemon PWR 10 or 30-sec sprint interval training bouts enhance both aerobic & anaerobic performance. *Eur J Applied Physiol* (sous presse).



Apprenez à courir vite et court.