

**Zeitschrift:** Macolin : revue mensuelle de l'École fédérale de sport de Macolin et Jeunesse + Sport  
**Herausgeber:** École fédérale de sport de Macolin  
**Band:** 50 (1993)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Recherche et sport de haut niveau (II)  
**Autor:** Brouns, Fred  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-998116>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**





Werner Günthör, champion du monde du poids: résultat d'un entraînement varié et acharné, d'une hygiène parfaite et d'une bonne alimentation.

## Recherche et sport de haut niveau (II)

Dr Fred Brouns

### Définition

Savoir, c'est pouvoir affirmer clairement sur la base de faits reproductibles. Ce qui implique que l'on doit faire des recherches dans des conditions contrôlables; en d'autres termes, que l'on doit toujours obtenir les mêmes résultats si l'on répète une expérience. Si c'est bien le cas, on peut alors affirmer que A est la cause de B. Dans le domaine des sciences du sport, la réponse à la question de savoir si la température du corps augmente de  $x^{\circ}\text{C}$  au cours d'un exercice physique particulier, tient dans une simple prise de température. Cependant, une augmentation de la température du corps n'est pas uniquement due à la dépense physique: elle est également déterminée par la température extérieure ainsi que par la nature et la quantité de vêtements que l'on porte. D'autres éléments jouent aussi un rôle

comme, par exemple, la vitesse du vent, l'humidité de l'air ou la possibilité d'évaporation de la sueur. On ne pourra donc apporter une réponse valable que si toutes les variables sont contrôlables, c'est-à-dire si elles sont toujours les mêmes, dans la mesure du possible, et si elles sont constantes. Cette exigence, il faut bien le reconnaître, est loin d'être toujours remplie.

### Expériences in vitro

Certains processus biochimiques peuvent être contrôlés avec exactitude dans une éprouvette. On peut pratiquement tout déterminer: la température, l'écoulement du temps, la concentration d'une substance, etc. En science du sport, on procède également à des recherches in vitro et beaucoup de découvertes biochimiques fondamentales ont été faites de cette façon.

Mais, s'agissant du sport de haut niveau, il règne souvent sur le terrain ou sur la piste des conditions bien différentes de celles qu'on rencontre dans l'éprouvette.

La performance sportive est également influencée, comme nous l'avons vu, par la volonté de l'athlète de se dépasser. Plus l'athlète est motivé, meilleure sera sa performance. Plus les efforts sont intenses, plus grandes sont les modifications biochimiques générales à l'intérieur du corps.

Pour la recherche sur le sport, cela signifie très concrètement que l'on devrait examiner les sportifs de haut niveau dans les conditions d'effort maximal. Mais est-ce vraiment possible? Comment, par exemple, prélever du sang ou une parcelle de muscle au moment précis où l'épuisement est à son comble? Peut-on vraiment obtenir une performance maximale en laboratoire sans l'émulation de la compétition, sans la présence du public? L'idéal serait un appareil qui ausculte le sportif pendant la compétition, qui enregistre les modifications biochimiques et qui, enfin, imprime les données. La technique n'a pas encore atteint ce point, mais les déve-



loppements technologiques les plus récents vont tout de même dans ce sens. Certains paramètres de l'effort, peuvent déjà être mesurés pendant la dépense physique.

## Mesurer pendant la compétition

Grâce à des testeurs, on peut désormais mesurer la fréquence cardiaque pendant la compétition. Grâce à un cardiographe portable, le sportif peut sans problème et en permanence connaître sa fréquence cardiaque et, ainsi, doser son effort. Cette application pratique a été rendue possible par des études contrôlées en laboratoire. C'est ainsi que la preuve a été apportée en laboratoire que la fréquence cardiaque, lors d'efforts prolongés, est en relation directe avec l'intensité de l'effort. Plus on court vite, plus la fréquence cardiaque s'élève.

En outre, on a également découvert que, lors d'un effort très intense, la dégradation des réserves d'hydrates de carbone stockées dans le corps (énergie) augmente progressivement. Le produit final de ce catabolisme, l'acide lactique, s'accumule dans les muscles et dans le sang et suscite, entre autres choses, la fatigue. C'est ainsi que, grâce



**berner  
oberland**

**Centre de sport  
et de détente**

**Frutigen 800 m d'alt.**



Information: Office du tourisme CH-Frutigen ☎ 033 71 14 21, Fax 033 71 54 21 - 180 lits, un grand nombre de dortoirs de douze et six personnes. Salles de séjour. Installations de sport: piscine couverte et piscine à ciel ouvert, terrain de football, court de tennis, salle de musculation et de fitness, minigolf. Sol synthétique pour: handball, basketball, volleyball et tennis. Pension complète à partir de Fr. 32.-. Idéal pour **camp de sport et de marche, camp de ski.**

à des mesures combinées, on a pu déterminer, chez l'athlète, jusqu'à quel degré d'effort et jusqu'à quelle fréquence cardiaque corrélative la concentration en acide lactique dans le sang reste pratiquement stable. Cette fréquence cardiaque propre à chaque individu indique quelle intensité d'effort prolongé peut être supportée et pendant combien de temps au maximum avant que l'organisme ne soit «gavé» d'acide lactique. Conséquence de cette évolution: les meilleurs triathlètes du monde disputent maintenant leurs compétitions «en fréquence cardiaque contrôlée».

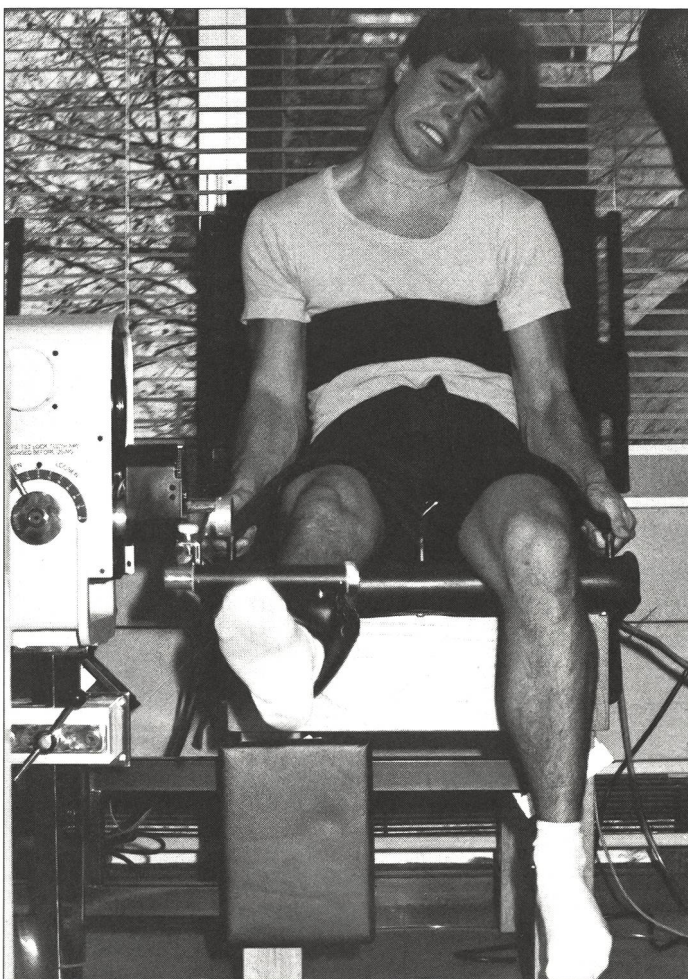
## La force observée au microscope

La performance demande de l'énergie et de la force. La force maximale dépend de beaucoup de facteurs. Les fibres musculaires se contractent sous l'influence d'une impulsion envoyée par le système nerveux central. La vitesse de ces impulsions, ainsi que le temps de réponse des fibres musculaires, déterminent la vitesse de la contraction musculaire. Tous ceux qui pratiquent un sport savent d'expérience qu'une amélioration de la force et de la vitesse signifie aussi une meilleure pointe de vitesse, un saut plus long ou plus haut, etc. Il est donc logique de demander à la science du sport si l'entraînement peut améliorer la vitesse de l'influx nerveux, ainsi que la transposition de l'influx à l'intérieur du muscle. Toute une série de questions découlent d'une réponse positive: quel type d'entraînement est nécessaire? A quelle fréquence? Pendant combien de temps et avec quelle charge?

Un entraînement régulier avec de grosses charges, comme c'est courant dans le culturisme et en haltérophilie, engendre un accroissement de la masse musculaire. Cela est visible pour chacun d'entre nous. Les exercices de force



Détermination de la consommation maximale d'oxygène et enregistrement de la fréquence cardiaque pendant un test au simulateur de course en accélération progressive.



Test de «force-endurance» à l'appareil Cybex: l'engagement musculaire et vasculaire local est total, jusqu'à la limite de l'épuisement (valable pour l'entraînement et pour la rééducation).



stimulent la synthèse protéique. Ainsi, donc, un surcroît d'exercices de force entraîne une augmentation de la masse musculaire et un accroissement de la force. Question annexe: existe-t-il d'autres méthodes, différentes, pour obtenir une croissance des muscles? La réponse est: oui! Dans les hôpitaux, il y a fort longtemps que l'on donne des anabolisants aux malades. Ces médicaments sont fondés sur l'action des hormones de croissance. Il n'y avait qu'un pas à faire – et il fut fait – pour passer à un usage immoral de ces substances dans le sport, mais aussi dans l'agriculture. Davantage de muscle ou davantage de viande améliore la performance, attire la gloire et gonfle le portefeuille.

Heureusement, c'est la science également qui mit en lumière le revers de la médaille: des effets secondaires indésirables, pathologiques et parfois irréversibles. On a découvert encore une autre manière d'accroître la force: l'électrostimulation. L'influx nerveux provenant du cerveau est une impulsion électrique qui déclenche une contraction dans le muscle. Il est facile d'obtenir des impulsions semblables en utilisant des électrodes que l'on applique au groupe musculaire à faire travailler, un courant faible leur transmettant une impulsion. On pourrait ainsi, dans les sports de force, pour des sportifs dont certains muscles sont très fatigués après un entraînement intense, continuer l'entraînement par électrostimulation des groupes musculaires les plus importants. Il serait même possible d'envoyer des impulsions électriques qui outrepassent en intensité les impulsions naturelles données par le cerveau. Ce qui signifie que l'on pourrait s'entraîner plus intensément que ce n'est le cas par le seul biais de la volonté humaine. Cette méthode a été appliquée à quelques athlètes d'élite; elle est néanmoins si gourmande en temps et en personnel qu'elle est rarement mise en œuvre. La question se pose donc de savoir comment on peut obtenir une augmentation maximale de la force par des efforts naturels.



*Le cycliste d'élite pendant un test de 6 jours dans la salle de respiration du Centre de recherche sur la nutrition de l'Université du Limbourg, à Maastricht aux Pays-Bas.*

### Comment, à quelle fréquence, combien de temps?

C'est le «feeling» qui met en œuvre bien des méthodes d'entraînement donnant la plupart du temps de bons résultats. Mais il existe également des méthodes sujettes à caution qui, selon toute apparence, font plus de mal que de bien.

Pour pouvoir mieux juger des effets d'un entraînement de force, il faut disposer de mesures dynamométriques précises. Cela signifie que le sportif devrait être testé pendant un exercice de force et les conditions extérieures maintenues aussi constantes et contrôlables que possible. On a développé, dans ce but, différents testeurs. Le modèle le plus couramment utilisé est le Cybex qui permet de contrôler avec exactitude, sous divers angles articulaires, la résistance et la vitesse.

L'avantage de cette application est que non seulement on peut calculer avec précision les progrès réalisés en force pure ou en force avec effort prolongé, mais également que l'on peut répéter, selon le même procédé, des efforts exactement dosés. Ce dernier point permet également de rechercher des modifications du métabolisme qui se produisent lors d'exercices de force standardisés.

## Le cri libérateur et le choc métabolique

Pour l'entraîneur et le sportif, ce sont les performances qui comptent en pratique. Mais ce qui intéresse prioritairement le scientifique du sport, c'est ce qui se passe à l'intérieur du corps. Quelles modifications du métabolisme se produisent rapidement et/ou à long terme sous l'effet de l'entraînement? Qu'est-ce qui cause les crampes musculaires et la fatigue? Pourquoi le vainqueur ne ressent-il aucune douleur malgré des efforts violents?

Ces questions nous emmènent dans le domaine si important de la recherche biochimique sur le sport. Et c'est souvent un casse-tête chinois. Comment peut-on procéder à des prélèvements aux fins d'analyse biochimique dans des conditions aussi proches que possible de celles de la compétition? Les sportifs, et particulièrement les sportifs de haut niveau, n'aiment guère servir de pelote d'aiguilles! Et surtout pas avant, pendant ou immédiatement après une compétition importante.

Les conditions du test en général posent un autre problème. Un effort prolongé et les modifications du métabolisme qui en résultent dans le corps dépendent, dans une large mesure, de l'alimentation et de l'intensité de l'entraînement pendant les deux derniers jours qui précèdent le test. Si, donc, on souhaite soumettre un sportif de haut niveau à un test crédible d'endurance en laboratoire, il convient, autant que faire se peut, qu'il ne s'entraîne, pendant les 48 heures qui précèdent le test, que selon un plan préétabli et qu'il ne se nourrisse que des aliments qu'on lui prescrit. Concrètement, cela signifie que le sportif de haut niveau ne peut pas s'entraîner à sa guise pendant trois ou quatre jours. Cela non plus n'est guère apprécié. C'est pourquoi la recherche sur les sportifs de haut niveau constitue une entreprise difficile, dont l'avenir est cependant – et par chance – très prometteur, du fait d'un intérêt croissant pour la santé également à ce niveau.

### Au cœur de l'effort

L'étude des performances pose encore d'autres problèmes. Les mesures et les analyses faites pendant une performance sportive peuvent la perturber considérablement, et donc l'amoinir. C'est ainsi qu'un test de consommation d'oxygène avec «masque» transmettant l'air par un tuyau souple jusqu'à l'analyseur, ne pose aucun problème si l'intensité de l'effort est faible. Mais, lorsque l'intensité de l'effort est maximale, la résistance du tuyau souple cesse d'être négligeable: elle peut gêner

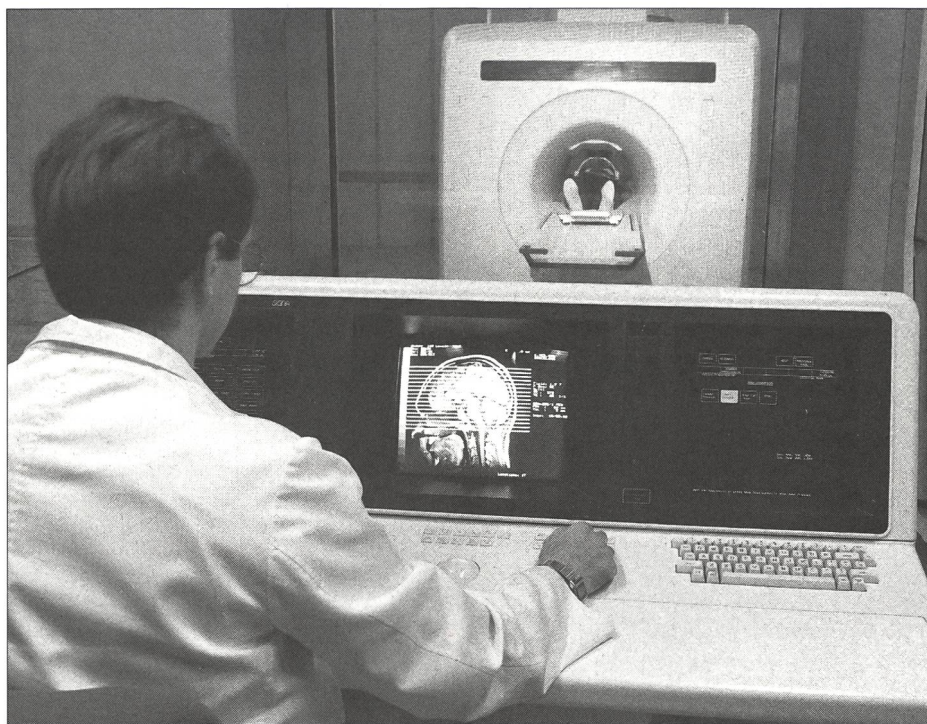
## Chalet Bellecrête 1367 Vercorin (VS)

Un chalet moderne (100 lits) dans un village (alt. 1360m) au décor de carte postale. Idéal pour vos camps de vacances, de sports et de loisirs. Avec ou sans pension. Encore des semaines disponibles pour été et automne! Dès Frs 9.-/jour et par personne.



Pour tous  
renseignements  
et réservations :  
027 / 55.20.96





Scanographie par résonance magnétique au Centre de Ressonancia Magnetica de Barcelone.

ner la ventilation extrêmement importante en ce cas et réduire la performance maximale possible.

Les sportifs souhaitent, en ce qui concerne leurs performances, être testés d'une façon aussi naturelle que possible. Par exemple, la bicyclette ergométrique est peu appréciée. Celle-ci est certes parfaitement étalonnée pour les mesures, mais elle crée d'autres conditions que celles qui règnent sur le vélo de course personnel. Ils souhaitent donc utiliser plutôt leur propre vélo de course et demandent à ne pas être affublés du «masque» si possible! La science en a fait son profit. C'est ainsi que l'Université de Maastricht (Pays-Bas) a fait construire deux salles de respiration imperméables à l'air qui permettent de procéder à des tests sans masque pendant plusieurs jours. Le principe est simple, mais la mise en œuvre est très complexe et donc totalement commandée par ordinateur.

Quand un cycliste se trouve dans cette salle, il a besoin d'oxygène pour respirer. Une ouverture permet d'amener de l'extérieur un certain volume d'air pompé. A l'autre extrémité de la pièce, l'air est aspiré à la même vitesse. On compare alors la concentration en oxygène et en gaz carbonique dans l'air entrant et dans l'air sortant. Sur la base de ces résultats, on peut déterminer la consommation d'oxygène et le rejet de gaz carbonique. Cela permet de procéder à des mesures pendant le sommeil, à l'état de repos mais aussi pendant un effort maximal. Le plus intéressant, dans cette affaire, c'est que l'on peut calculer indirectement aussi bien la consommation totale d'énergie que la part de graisses et d'hydrates de carbone consommée

par la production d'énergie. C'est ainsi que des tests de simulation du «Tour de France», réalisés à Maastricht dans des conditions de laboratoire, sont connus partout dans le monde.

### L'air expiré: gaz d'échappement du muscle

En fonction de l'air expiré, on peut déduire des valeurs particulières, comme la consommation d'énergie ou la consommation de graisses et d'hydrates de carbone. Il n'est cependant pas possible d'observer directement ce qui se passe dans la cellule musculaire. Mais on peut se faire une idée du métabolisme musculaire par le biais de prélèvements de muscle effectués après le test.

Bien qu'il soit fréquemment utilisé pour étudier des modifications pendant des efforts prolongés, ce procédé présente certains inconvénients. C'est ainsi

que, lors d'efforts très intenses, les modifications métaboliques du muscle sont bien plus grandes que lors de l'effort prolongé. On pourrait donc logiquement admettre que ces modifications sont également plus faciles à mesurer. Ce n'est pas le cas. La raison en est que ces modifications métaboliques, de courte durée mais très considérables, se normalisent très rapidement. Une partie d'entre elles ne sera donc plus décelable dans un prélèvement musculaire.

### La recherche en direct

Entre le moment où le coup de pistolet du starter retentit et celui où le sprinter s'arrache de ses starting-blocks, les échanges énergétiques au sein de ses muscles sont mille fois plus grands. La ligne d'arrivée passée, les échanges énergétiques retombent brusquement. On peut conclure de cette découverte que les prélèvements, chez un sprinter, devraient être faits au moins aussi vite – sinon plus vite – que le sprint lui-même, ce qui est impossible en pratique. L'idéal serait de disposer d'un appareil qui permettrait de regarder à l'intérieur du muscle au moment même où il se contracte, et cela sans aiguille, sans prélèvements sanguins. Grâce au développement des appareils à résonance nucléaire, ce pas en avant, encore inimaginable technologiquement il y a peu, est quasiment devenu réalité. Avec la technique de la résonance, il est possible, en utilisant des ondes courtes qui résonnent en traversant certains tissus, de mesurer des modifications quantitatives. Ainsi peut-on mesurer, au sein même du muscle, le taux d'acidité, les réserves énergétiques sous forme de phosphates, ainsi que le glycogène du muscle, cette réserve d'hydrates de carbone si importante pour les efforts prolongés. En outre, grâce à une technique semblable, celle de la scanographie par résonance magnétique, il est possible de déterminer avec beaucoup de précision la structure des tissus. ■ (Fin)

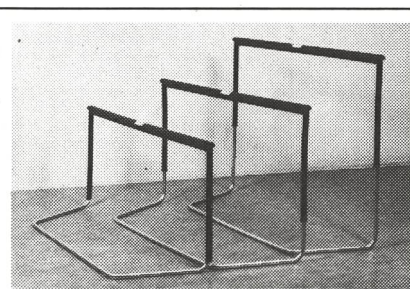


### Haies d'exercices

pour des heures d'entraînement variées

- pour l'enseignement en halle et en plein air
- utilisation multiple

Demandez notre prospectus



**R. Bachmann**  
Im Lussi, 8536 Hüttwilen  
054 747 14 63