

Comment améliorer « naturellement » les performances ?

Table ronde

Intervenants :

Frédéric GRAPPE, Maître de conférences, Université de Franche-Comté – Entraîneur de l'équipe cycliste Française des Jeux (FDJ) : « Comment atteindre la capacité de performance maximale chez un cycliste de haut niveau ? »

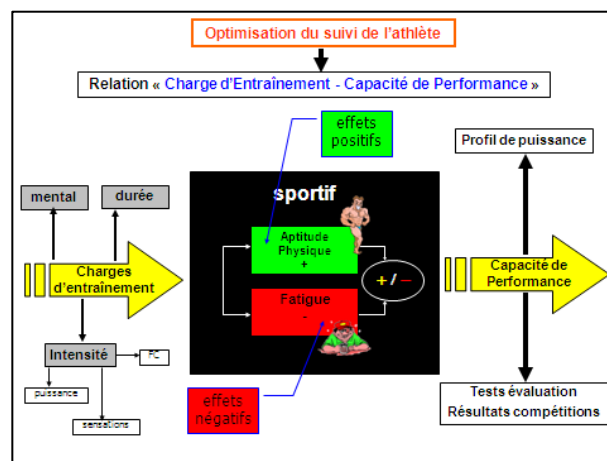
Professeur Simon BOUISSET, Physiologiste du mouvement – Biomécanicien – Université Paris-Sud (Orsay) : « L'expertise scientifique, au service de la performance durable »

I. Comment atteindre la capacité de performance maximale chez un cycliste de haut niveau ?

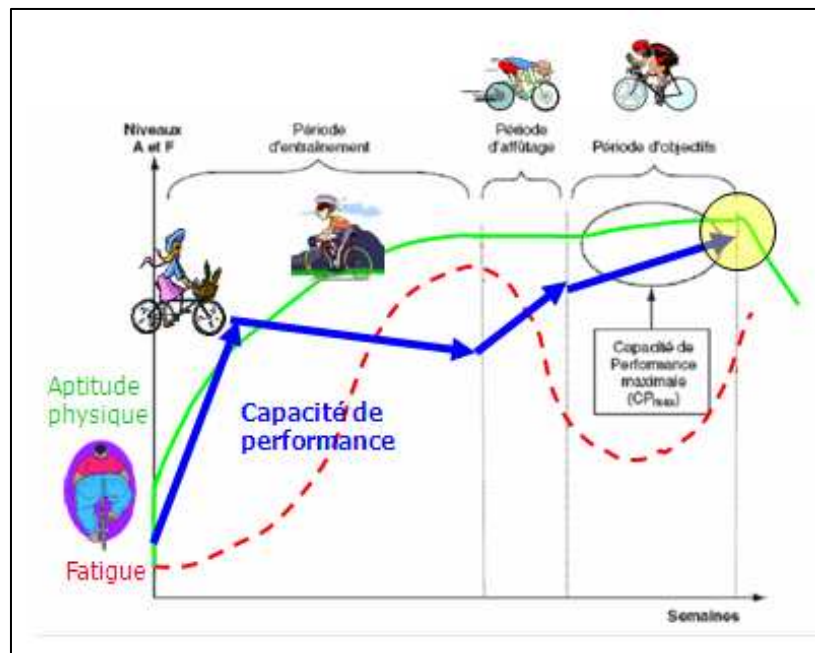
Frédéric GRAPPE

N'étant ni pharmacien, ni médecin, mais chercheur passionné de la performance, je m'efforcerai de vous faire entrer à l'intérieur d'une équipe. La problématique du cyclisme actuel consiste à remonter la pente, en dépit d'un passif assez lourd.

Nous sommes aujourd'hui capables de mesurer un certain nombre de variables directement sur le vélo, notamment la puissance mécanique développée par le cycliste. Nous n'avons pas la possibilité d'avoir les coureurs à disposition en permanence, en raison de leur calendrier de course chargé et de leurs lieux d'habitation dispersés. Néanmoins, nous sommes en mesure d'assurer un suivi sérieux et rationnel. L'optimisation de ce suivi repose sur la relation entre la charge d'entraînement du sujet et sa capacité à réaliser une performance à un moment donné. Le sportif est une sorte de boîte noire, dans laquelle nous nous efforçons de pénétrer. Mon rôle consiste à mettre en place un modèle d'entraînement et à infliger à l'organisme de l'athlète un certain nombre de charges de travail. Les variables en jeu sont la durée, l'intensité, mais aussi l'engagement mental. L'intensité peut être mesurée avec la fréquence cardiaque, la puissance développée et les sensations. Dans l'idéal, l'aptitude physique de l'athlète doit progresser dans le temps, avec le facteur limitatif que constitue la fatigue. Il s'agit de trouver une complémentarité entre les méthodes d'entraînement permettant d'augmenter le potentiel physique et celles permettant de gérer le niveau de fatigue.



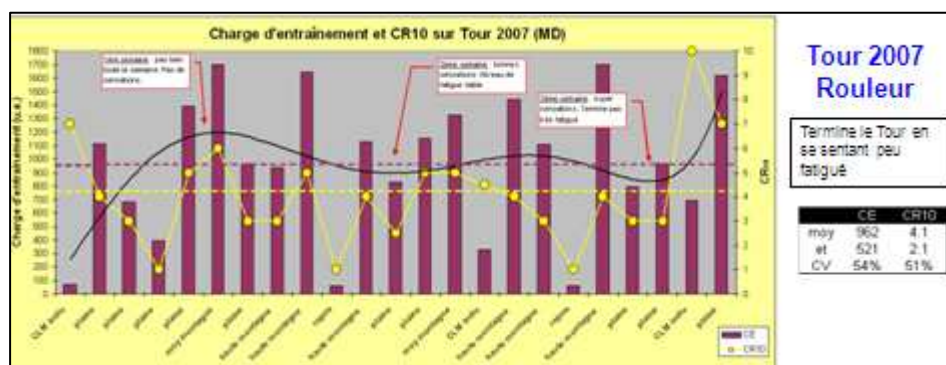
L'aptitude physique s'accroît rapidement au début de saison, puis sa progression ralentit de manière asymptotique. Au départ, la capacité de performance du coureur augmente donc fortement, puis diminue légèrement en raison du niveau élevé de fatigue (accumulé depuis le début de saison), puis augmente à nouveau en période d'affûtage (la fatigue diminue). L'objectif consiste à parvenir au pic de performance durant la période d'objectifs avec un niveau de fatigue le plus bas possible.



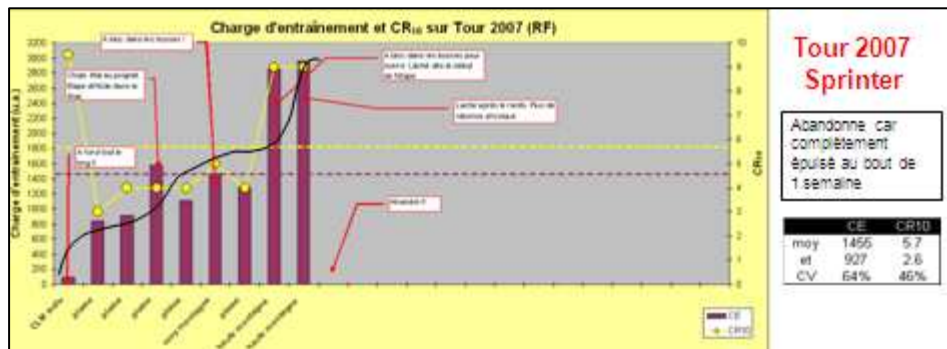
Comment atteindre le pic de performance ?

La charge d'entraînement est fonction de l'intensité, du temps et de l'engagement mental. L'intensité a longtemps été exclusivement déterminée à partir de la fréquence cardiaque. Or nous savons aujourd'hui que celle-ci n'est pas le témoin le plus pertinent. Nous travaillons aujourd'hui avec des capteurs de puissance, placés sur la roue ou le pédalier. L'aspect perceptif est indispensable : des échelles de sensation permettent de retirer des informations pertinentes sur le ressenti des sportifs. La courbe de performance d'un sprinter et d'un rouleur sur le Tour de France 2007 met ainsi en évidence les différences dans la perception de la fatigue et de la charge de travail.

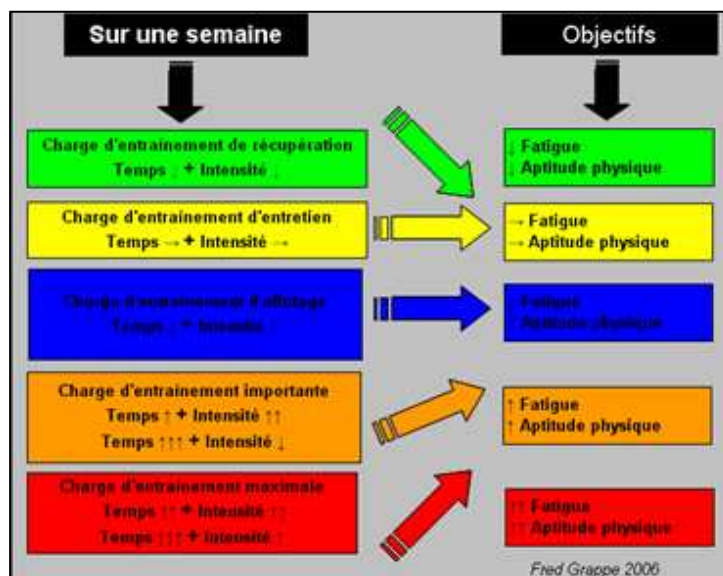
Le rouleur gère les étapes, et termine le Tour de France dans un état de fatigue mesuré.



Le sprinter n'est pas toujours en mesure de soutenir la charge de travail et peu parfois abandonner car il est épuisé à cause des premières étapes de montagne.

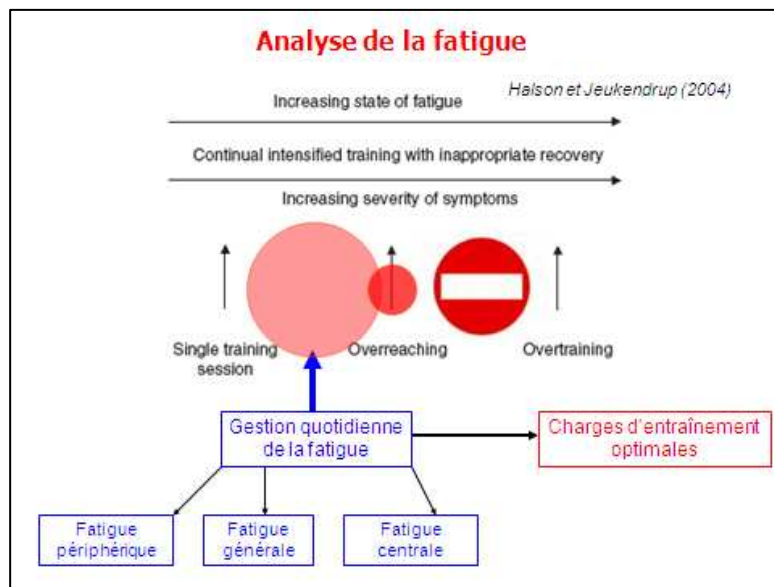


Nous sommes aujourd'hui en mesure, d'aller au-devant de la fatigue en quantifiant la dimension perceptive des athlètes. Ils apprennent à s'adapter à la difficulté des étapes : par exemple, après une étape où ils ont « forcé », ils essaient sur l'étape du lendemain de faire moins d'efforts pour récupérer davantage. Chaque semaine, la charge de travail est quantifiée à travers un code de couleurs.

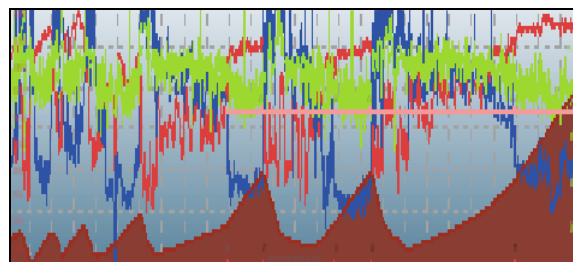


Classification des charges d'entraînement (charge d'entraînement = Temps entraînement * Intensité entraînement)

Comment quantifier, estimer et analyser la fatigue ? Les Anglo-Saxons utilisent les notions d'*overreaching* et d'*overtraining*. Nous nous efforçons d'ajuster la charge de travail en gérant la fatigue quotidienne du sportif, maintenue dans des limites précises. Lorsque nous souhaitons le faire progresser, nous « tirons » vers l'*overreaching*, en évitant d'entrer dans l'*overtraining*. On distingue trois types de fatigue : la fatigue périphérique, la fatigue générale et la fatigue centrale.



L'estimation de la fatigue repose sur différentes méthodes se divisant en deux catégories : active et passive. Nous sommes en mesure de devancer la baisse de certains témoins biologiques en travaillant avec le médecin de l'équipe. La variabilité de la fréquence cardiaque fournit des indications intéressantes mais elle ne peut constituer à elle seule un témoin véritable témoin de la fatigue.



Fréquence cardiaque

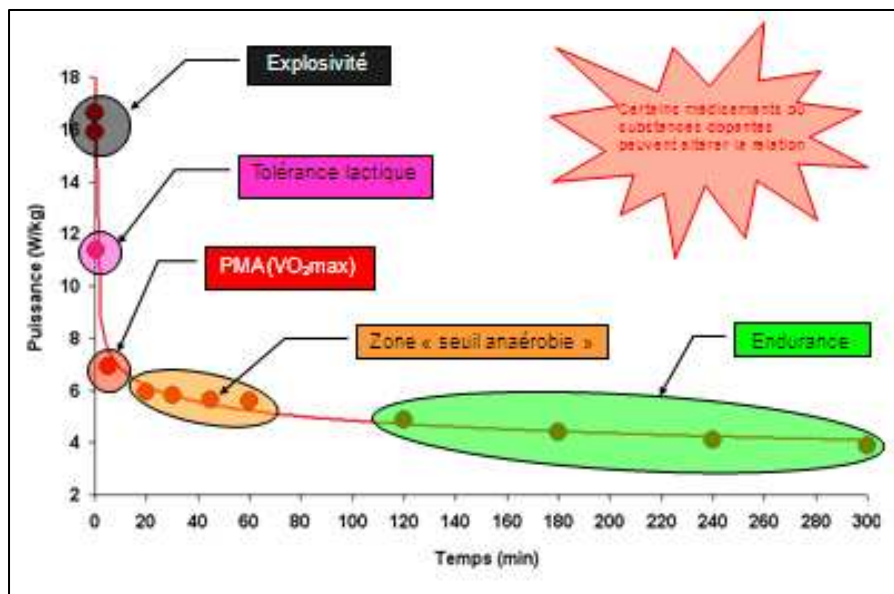
En effet, son interprétation n'est pas aisée. Les méthodes actives produisent de meilleurs résultats. Nous utilisons ainsi le questionnaire POMS, qui présente l'inconvénient d'être long à remplir. Les échelles de sensations et d'humeur permettent de suivre quotidiennement l'état de fatigue de l'athlète à partir de la détermination d'un indice de fatigue assez simple à interpréter.

La capacité de performance fait l'objet de tests d'évaluation permettant d'estimer le potentiel physique du sujet (explosivité, endurance, VO_2 max, etc.). L'indice le plus fiable est le rapport entre la puissance mécanique développée et les sensations du sujet. Nous mesurons la puissance mécanique à partir de capteurs placés sur le pédalier ou la roue.

Depuis cinq à six ans, je m'intéresse à l'évaluation de la capacité de performance à partir du « profil de puissance ». Toute personne produit lorsqu'elle bouge une certaine puissance mécanique, très précisément mesurable en cyclisme avec une marge d'erreur minime. Combien de temps un athlète peut-il demeurer au-dessus d'un certain niveau de puissance ? Nous dressons un profil de puissance sous la forme d'une courbe portant le temps en abscisse et la puissance développée (en watts par kilogramme, W/kg) en ordonnée.

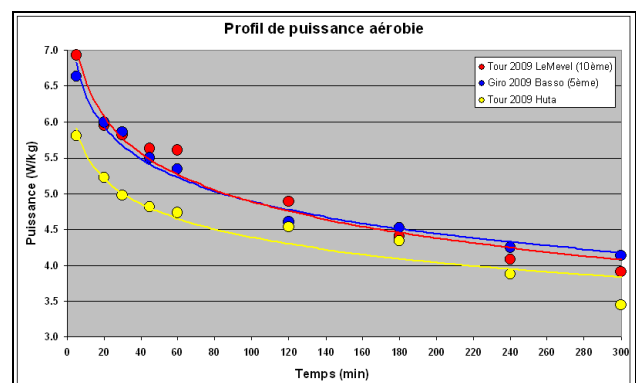
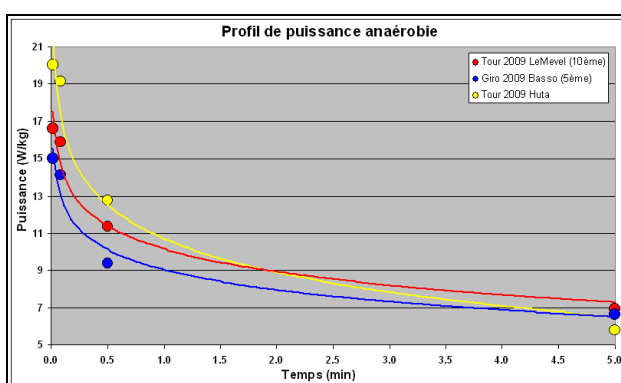
Nous sommes aujourd'hui capables de dresser le profil de puissance de n'importe quel cycliste à partir de mesures quotidiennes. Mesurée sur un temps très bref (une ou cinq secondes), la courbe de puissance indique l'explosivité. On peut mesurer ensuite la tolérance lactique (entre 30 secondes et une minute), la puissance maximale aérobie (effort maximal de cinq minutes). La zone du seuil aérobie, entre 20 minutes et une heure, affecte considérablement les performances des athlètes. Enfin, entre deux et cinq heures, quatre points de la courbe indiquent l'endurance. Chaque cycliste dispose d'un profil qui lui est propre.

Certains médicaments sont susceptibles de modifier ce profil. Les corticoïdes sont ainsi en pleine expansion depuis un an.



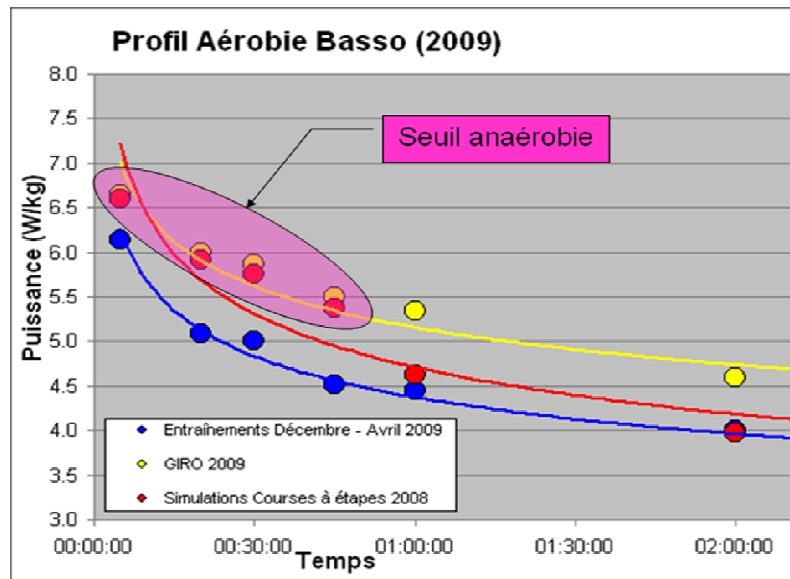
Capacité de performance à partir du « profil de puissance »

Les profils aérobie et anaérobie d'un sprinter et de deux grimpeurs (Ivan Basso, qui publie l'ensemble de ses données sur un site, Christophe Le Mével) font apparaître que le sprinter est bien plus explosif mais possède une VO₂ max moins importante. Les profils de puissance anaérobie de Christophe LE MEVEL et Ivan BASSO sont extrêmement proches.

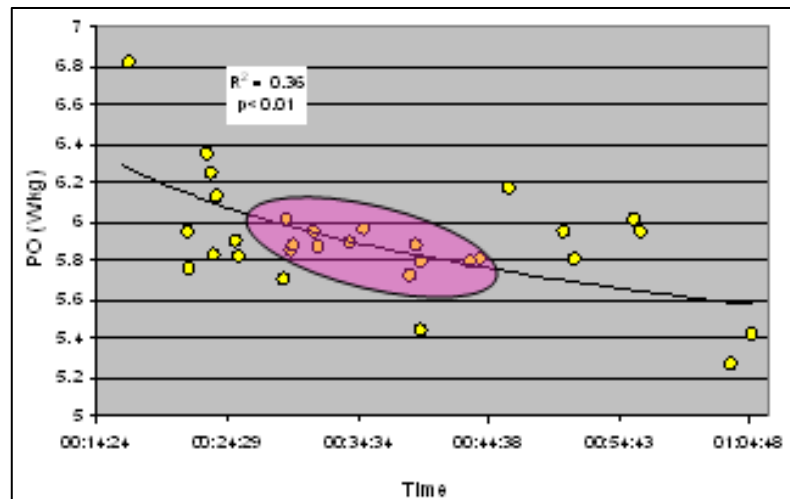


Comparaison des profils anaérobie et aérobie sur le Tour et le Giro d'un sprinter et grimpeurs

La comparaison entre la courbe de puissance de BASSO avant sa suspension et celle d'aujourd'hui fait apparaître un décalage de 0,3 à 0,4 W/kg.



Une modélisation de la courbe de puissance permet d'estimer assez exactement le potentiel physique d'un coureur. Les performances depuis 2004 dans les cols des coureurs pris pour dopage dans le Tour de France font apparaître une moyenne autour de 6 W/kg pour une durée de montée proche de 35 min. Cela peut correspondre à une VO_{2max} de 90 ml/min/kg (avec un rendement brut de 22% et une exploitation de 85% de VO_{2max}).



Performances (W/Kg) dans les cols depuis 2004 sur les « Grands Tours » des coureurs contrôlés positifs

En conclusion, je rappellerai qu'il n'existe pas de performance maximale lorsque la contrainte de l'exercice est trop élevée, mais davantage lorsque l'équilibre entre le plaisir et la contrainte est optimal.

II. L'expertise scientifique, au service de la performance durable

Professeur Simon BOUISSET

Comment améliorer la performance en prévenant l'usure du sportif? Tel est le problème que l'on se propose d'aborder, en s'appuyant sur une approche intégrative, c'est-à-dire en considérant des effets physiologiques globaux du geste. Un cadre général sera indiqué, puis certaines pistes seront évoquées.

1. Le geste dans son contexte

- Tâche et mouvement

Il est classique de dire que le **mouvement « volontaire »** constitue le moyen de réaliser une **tâche motrice**, sportive, professionnelle ou autre. La tâche se caractérise par de nombreux facteurs, dont le premier tient dans la nature même de l'**objectif** à atteindre: s'agit-il de réaliser un arraché à deux bras, d'exécuter un saut à ski, ou de crawler un 50 mètres? Toute tâche se définit également par les **paramètres** qui lui sont propres, c'est-à-dire par des exigences particulières. Quelle est la séquence gestuelle à adopter pour porter une attaque dans un assaut d'escrime (« **processus opératoire** »)? Quelle est la distance à parcourir (« **trajet** ») ou le temps à réaliser (« **temps** ») lors d'une course? Quelle est la position de l'impact, recherchée lors d'un tir sur cible (« **précision requise** »)? Etc. Enfin, une tâche doit être considérée dans son **contexte environnemental**, ce qui se traduit par des paramètres supplémentaires: la « **structuration de l'espace** », qui se caractérise par la disposition et les caractéristiques des éléments matériels de la tâche, voire des partenaires et adversaires; l'**« ambiance physique »**; etc. En définitive, la connaissance des exigences propres à la tâche et des caractéristiques de son environnement permet de caractériser la « **contrainte** » imposée au sportif.

- Capacité opératoire

Pour être en mesure de répondre à la contrainte, l'athlète doit mobiliser ses ressources, tant physiologiques que psychologiques. Il en résulte des adaptations fonctionnelles et comportementales, qui peuvent solliciter simultanément des fonctions motrices, sensorielles, cognitives... Ces différentes adaptations ne sont pas indépendantes les unes des autres. Leur ensemble constitue l'**« astreinte »** (ou encore l'**« activité »**, selon la terminologie psychologique). Toutefois, les ressources potentiellement mobilisables sont limitées: la « **capacité opératoire** » correspond à l'ensemble des ressources potentiellement mobilisables à un instant donné, ce que l'on sépare parfois en « capacité physique » et « compétence » (ou « expertise »). Son niveau dépend de multiples facteurs, susceptibles de l'augmenter comme l'entraînement musculaire, et plus généralement l'apprentissage, ou de la diminuer comme la fatigue, les déficiences diverses, ou encore le vieillissement. Renforcer la capacité opératoire (le « **renforcement opératoire** ») implique deux catégories de facteurs: humain (entraînement: musculation, gestuelle...) et technologique (matériel, équipements, installations).

- De la performance à l'usure

Au final, c'est par la « **performance** » que l'on apprécie l'adéquation de la tâche réalisée à la tâche souhaitée, c'est-à-dire à l'intention première. Dans le domaine sportif, elle est évaluée par référence à des critères quantitatifs, comme le temps chronométré, ou la précision d'un tir, de même qu'à des critères qualitatifs, comme la continuité des enchaînements ou l'harmonie d'un mouvement gymnique. Si les critères de performance varient selon la discipline sportive, ils correspondent évidemment aux paramètres de la tâche, tels qu'ils ont été prescrits lors de l'élaboration de la commande.

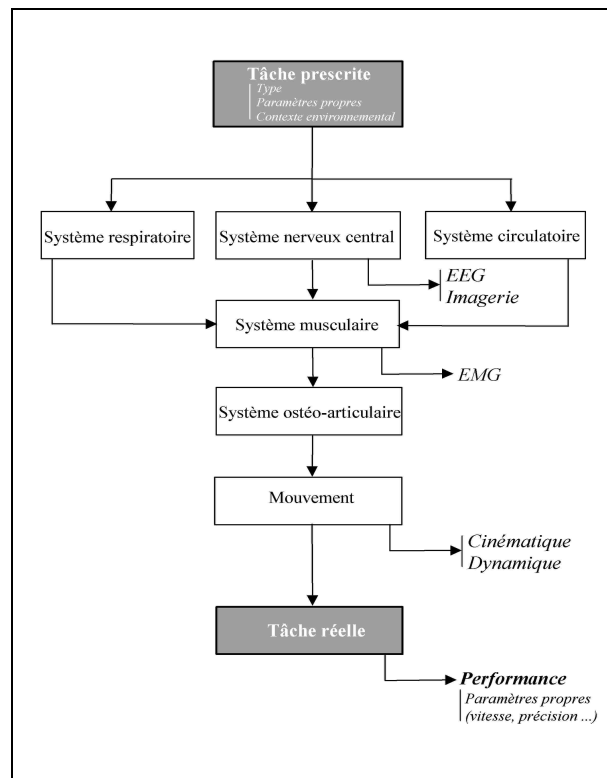
Une dernière, et importante, remarque s'impose. En effet, que le mouvement s'avère efficace n'exclut pas l'éventualité d'effets négatifs sur la santé, c'est-à-dire une « **usure** ». L'usure peut se manifester par des symptômes divers, s'inscrivant parfois dans une chaîne des troubles pouvant aller d'un simple inconfort à la fatigue et à une pathologie constituée. En d'autres termes, l'usure

évolue entre un état de fatigue passagère, le «**surmenage**», et un état de fatigue installée, le «**surentraînement**».

En résumé, la performance a un prix. Un « entraînement responsable » a pour effet d'éviter l'usure. C'est le gage d'une « performance durable ».

2. L'expertise scientifique, au service d'une performance durable

Des réflexions en cours dans le cadre de l'AFLD visent à éclairer certaines pistes de recherche sur la performance durable. Elles partent de la notion classique, selon laquelle diverses fonctions physiologiques (fonctions de relation, fonctions de nutrition) et psychologiques (attention, mémoire, cognition), par leur adaptation à l'exercice, permettent la réalisation de la tâche. Chacune d'elles est caractérisable par divers **indices** (biomécaniques, neurophysiologiques, circulatoires, respiratoires...). Certains d'entre eux sont des **marqueurs** de l'usure. On prendra pour exemple des indices biomécaniques.

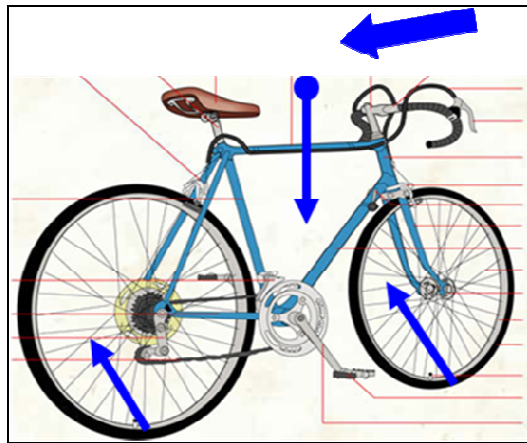


- Travail musculaire et rendement

Le travail musculaire procède de réactions biochimiques mettant en jeu les sources d'énergie du muscle. Mais, on le sait, toute l'énergie métabolique ne se retrouve pas sous forme d'énergie mécanique, du fait du rendement du muscle. La définition du rendement, telle qu'elle est donnée classiquement, est le rapport du travail externe à la consommation d'oxygène (dépense énergétique nette), ou encore de la puissance externe (travail par unité de temps) au débit d'oxygène (consommation d'oxygène par unité de temps). Si l'on disposait de mesures fiables du rendement chez un athlète, il serait possible d'en suivre les modifications anormales, possiblement attribuables au surentraînement.

Or, évaluer le rendement pose divers problèmes, tant en ce qui concerne le travail que la consommation d'oxygène. Il est bien connu des physiologistes que la mesure précise de la consommation d'oxygène au cours d'une épreuve sportive est très exigeante, et que les risques d'erreur sont non négligeables si elle est estimée à partir de la fréquence cardiaque. On se bornera à l'aspect biomécanique.

La biomécanique apprend que le travail mécanique comprend un travail « **externe** » et un travail « **interne** ». Le travail externe correspond au travail accompli par les muscles contre la résultante des forces et moments extérieurs exercés sur le corps. Dans le cyclisme, par exemple, les forces extérieures comprennent le poids corporel, la résistance de l'air, et la réaction de la route, c'est-à-dire les réactions au niveau des pédales, du guidon et de la selle (sauf quand le cycliste se met en « danseuse »). Ainsi, **ne considérer que les forces exercées au niveau des pédales s'avère a priori insuffisant**. D'autre part, le travail interne est la somme des travaux effectués par les forces et moments internes au corps. Il n'implique en lui-même aucun déplacement du centre de gravité, même s'il est utile pour configurer le corps de façon à produire le travail externe dans les meilleures conditions. Malheureusement, il est souvent omis. **Au final, le calcul du rendement doit prendre en compte le travail des forces externes et internes, au risque d'une sous-évaluation du travail mécanique, et donc de la valeur du rendement**. Une telle éventualité est loin de n'être qu'une vue de l'esprit.



Les meilleurs rendements musculaires rapportés jusqu'à présent chez l'Homme n'excèdent pas 20 % à 25 %. En d'autres termes, lors d'un effort musculaire, 75 à 80% de l'énergie consommée seraient dégradés sous forme de chaleur, dans les périodes de travail « statique », ainsi que pour vaincre les frottements d'origine articulaire et musculo-tendineuse, voire la résistance à l'avancement.

Quoi qu'il en soit, le renforcement opératoire permet d'améliorer la performance sportive. Le renforcement opératoire est fonction de deux catégories de facteurs: l'entraînement et le matériel. Ainsi, l'amélioration de la gestuelle par l'analyse biomécanique peut favoriser l'augmentation du rendement, à l'instar du stockage d'énergie élastique dans les muscles (processus de « stockage-restitution »). De même, une conception biomécanique des interfaces et des matériels favorise la performance. Ainsi, les interfaces entre le sujet et le sol jouent également un rôle important dans le rendement, à l'instar du complexe sol-chaussure : l'athlète sud-africain amputé, Oscar Pistorius,, n'a-t-il pu atteindre un niveau de performance élevé à l'aide de prothèses élastiques?

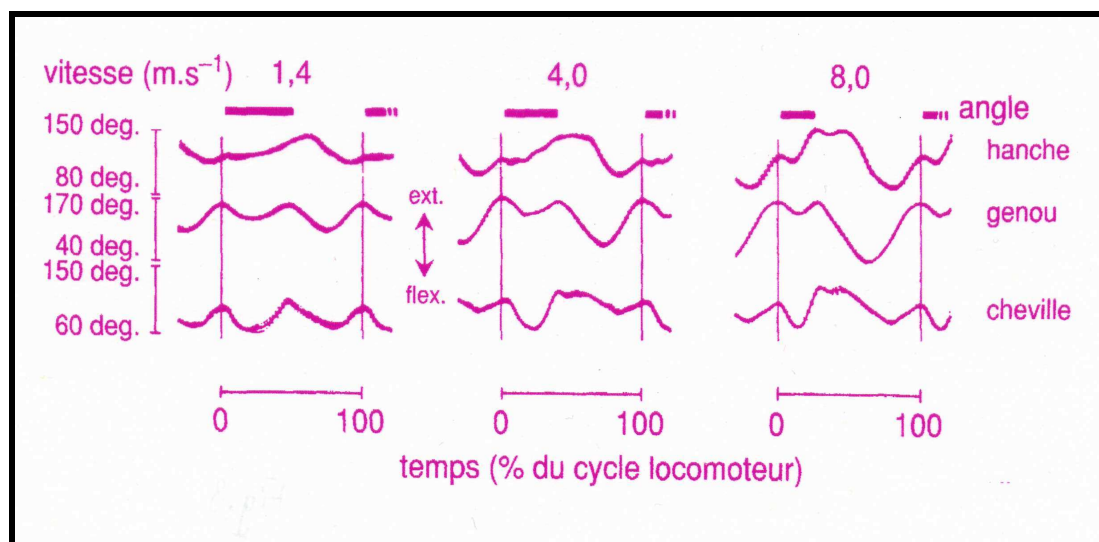
- Variabilité sensori-motrice et surmenage

La réalisation d'une tâche motrice résulte, on l'a rappelé, de la mobilisation de ressources physiologiques et psychologiques. Certains indices permettent d'en évaluer le niveau. On fait

l'hypothèse que leur **variabilité** (c'est-à-dire l'amplitude de leur variation au cours d'une série de mesures) permet une caractérisation des états de fatigue, et constitue donc un indicateur du niveau d'entraînement, de sa tolérance et par conséquent du surentraînement. (Par surentraînement, on entend « l'existence d'une période durable d'altération des performances, accompagnée de signes cliniques et/ou biologiques, physiologiques et psychologiques », c'est-à-dire d'états de fatigue durables). Plus précisément, les données de la littérature conduisent à considérer que **l'entraînement provoque une diminution progressive de la variabilité, alors que le surmenage provoque son accroissement, réversible à court terme, et que le surentraînement (ainsi que la prise de produits pharmacologiques) entraînerait des ruptures pérennes.**

Pour évaluer les états de fatigue, différentes approches sont possibles. Au niveau d'intégration le plus élevé, celui qu'implique toute activité sportive, une approche **intégrative** se justifie. Elle implique la prise en considération de divers marqueurs associant indices physiologiques et psychologiques à la performance.

Par exemple, les grandeurs biomécaniques mesurables sont d'ordre cinématique (elles caractérisent le mouvement du corps ou de ses parties: déplacement, vitesse et accélération), dynamique (elles se rapportant aux forces et à leurs moments) et électromyographique (détection de l'activité électrique: EMG). L'utilisation conjointe de ces différentes grandeurs facilite l'analyse de la séquence motrice. Autrement dit, l'analyse biomécanique permet de connaître le « patron » d'un geste sportif. Dans le cas de la course, il se caractérise par la durée (ou la fréquence) et l'asymétrie des enjambées successives, l'amplitude des déplacements articulaires, les modalités de la mise en jeu réciproque des muscles... L'analyse de la variabilité du patron biomécanique, d'une enjambée à l'autre, d'un essai à un autre, et/ou d'une séance à une autre, est de nature à permettre de désigner les marqueurs du surentraînement, leur variabilité étant censée évoluer de façon anarchique au cours du processus d'entraînement.



Variabilité du patron cinématique

L'éventualité d'une association de ces marqueurs biomécaniques à d'autres marqueurs, physiologiques et psychologiques ceux-là, traduit l'objectif de déboucher sur un « **profil sensori-moteur** » individuel, et, au de là, sur l'établissement d'un « **passeport sensori-moteur** ». À l'instar- et en complément- du passeport biologique, le passeport sensori-moteur pourrait contribuer à la caractérisation du surmenage, voire des symptômes d'une suspicion de dopage.

Au final, cette approche, située dans une perspective intégrative et prenant en compte l'usure associée à la tâche sportive, se situe dans la perspective d'une performance durable. Elle vise à

proposer des marqueurs, non invasifs, fiables et utilisables sur le terrain, afin de favoriser un entraînement responsable.

III. Questions-réponses avec l'amphithéâtre

Jean-Pierre BOURELY

Que pensez-vous de la montée du mont Verbier par Alberto CONTADOR en 2009 ?

Frédéric GRAPPE

La performance de CONTADOR dans l'ascension du Verbier dépasse les sommets atteints par ARMSTRONG à son apogée. ARMSTRONG a pu reproduire sur le Tour son niveau de performance des grandes années, mais sur une durée plus réduite. Les statistiques que nous établissons permettent de diviser les performances en plusieurs catégories. Certaines d'entre elles sont normales, d'autres sont douteuses, d'autres encore relèvent de l'inconnu. Il est également intéressant de considérer les écarts de performance entre les athlètes sur une étape donnée pour établir une comparaison des performances. Ainsi, depuis quelques années, la variabilité des performances a diminué. Le peloton s'homogénéise. En ce qui concerne CONTADOR, soit il gruge le monde du cyclisme, soit il est un athlète extraordinaire... Un suivi physiologique des variables de la performance permettrait de nous donner la réponse !!

Jean-Pierre BOURELY

Vous ne partagez donc pas les conclusions de Greg LEMOND.

Frédéric GRAPPE

Greg LEMOND s'appuie sur les statistiques produites par Antoine VAYER. Or il est scientifiquement incorrect de traduire des watts en pourcentage de VO_2max , sans tenir compte du fait que le rendement peut varier et sans prendre en compte la durée de l'effort réalisé. En revanche, les données sur la puissance développée, en watts par kilo, permettent de caractériser la performance de manière précise.

Docteur Jean-Pierre CERVETTI

Vous utilisez un grand nombre de paramètres subjectifs, comme le bien-être ou l'humeur, dont les effets sont proches de ceux des neurotransmetteurs. Avez-vous travaillé sur les neurotransmetteurs pour confirmer ces données subjectives ?

Frédéric GRAPPE

Je me suis appuyé sur la littérature scientifique. Aujourd'hui, un athlète est en mesure de déterminer précisément son état général sur la base de ses sensations. Il faut disposer de données sur une certaine période, afin de déterminer une fenêtre. Quant aux neurotransmetteurs, le suivi d'athlètes de haut niveau nécessite de trouver des méthodes applicables au quotidien. Le suivi en routine avec des méthodes simples et bien établies, produit des résultats intéressants. L'athlète qui se connaît bien est en mesure de nous donner des précisions importantes.

Docteur Jean-Pierre CERVETTI

Il existe des questionnaires que l'on peut compléter en dix minutes.

Frédéric GRAPPE

Il est difficile de l'imposer à des athlètes de haut niveau.

Professeur Simon BOUISSET

Le souci pratique et le souci scientifique entrent parfois en conflit. L'athlète, souvent, n'a pas le temps. En revanche, le scientifique dispose de tout le temps nécessaire. Il risque de s'enfermer dans une problématique, et de se trouver à court d'arguments convaincants pour l'ensemble de la communauté. Le savoir scientifique progresse lentement, mais est reconnu. Nous n'avons pas un point de vue opposé, mais parallèle.

Frédéric GRAPPE

Je ne partage qu'à moitié cette opinion. Depuis 10 ans, j'ai accès aux athlètes de haut niveau. Je dispose donc de données sur des athlètes uniques, à partir desquels il est difficile d'établir des statistiques. Le savoir scientifique sur la capacité à réaliser une performance est limité : beaucoup d'études ont été consacrées aux étudiants en STAPS, aux sportifs de loisirs, mais que sait-on de l'athlète de haut niveau ?

Professeur Simon BOUISSET

Je ne partage pas votre avis. Des laboratoires se consacrent à l'étude des athlètes de haut niveau. De nombreux ouvrages ont été consacrés à ce sujet. Peu de personnes dans cette assistance ignorent l'ouvrage de Vladimir ZATIORSKY sur la biomécanique du sport.

Professeur Michel RIEU

La comparaison des individus présente des risques d'erreur méthodologique. Sur un vélo, les forces s'exercent à des niveaux très différents. La mesure de l'énergie globale dépensée, de la consommation d'oxygène est particulièrement difficile. Les résultats varient en fonction du laboratoire, de la technique utilisée, ce qui pose des problèmes d'interprétation. Il faut distinguer une démarche clinique, pratique, d'une démarche plus distanciée et scientifique. Ces démarches doivent se compléter.