

La formule de Karvonen

Article réalisé par le Dr. **MICHOTTE**, Service Santé et Environnement de la Province de Liège – Département Médecine du Sport +32 (0)4 344 79 10

L'utilisation d'un **cardio-fréquence-mètre** (CFM), qui objective le niveau de sollicitation cardiaque en termes de Fréquence Cardiaque (FC), permet de façon relativement simple et fiable de bien contrôler la qualité de l'entraînement c'est-à-dire son **intensité**, paramètre le plus important à maîtriser.

Le **niveau d'effort** est souvent exprimé en fonction de la seule fréquence cardiaque maximale, **FC max**. Cette méthode néglige cependant un paramètre important, la **FC repos**.

La **formule de Karvonen**, qui utilise la notion de **Réserve Cardiaque** ($RC = FC \text{ max} - FC \text{ repos}$), intègre la FC repos à 2 niveaux et permet d'exprimer plus valablement l'intensité de l'effort :

$$FC \text{ effort} = FC \text{ repos} + \% (FC \text{ max} - FC \text{ repos}) = FC \text{ repos} + \% RC$$

Au départ, il est donc important de déterminer ses bonnes **données personnelles** pour FC max / repos.

La **FC max** de référence doit être la valeur réelle, individuelle, observée au laboratoire ou sur le terrain.

La valeur théorique de la FC max selon la formule, $FC \text{ max} = 220 - \text{âge}$, est trop approximative et devrait systématiquement être corrigée par une mesure adéquate, qui tient compte de la grande variation individuelle observée à tout âge.

Il reste toujours vrai que chez un même individu, la FC max diminue progressivement avec l'âge, dans des proportions cependant moindres si le degré d'entraînement reste élevé.

La FC max peut être mesurée au **laboratoire** lors d'une épreuve d'effort chez un cardiologue ou un médecin du sport. Cette épreuve doit être spécifique, sur vélo ou tapis, par paliers progressifs, conduite jusqu'au maximum subjectif toléré, à confirmer par des critères objectifs. Un avantage important de cette méthode est de fournir en outre un tracé de l'ECG.

Les conditions de laboratoire ne permettent pas toujours d'atteindre une FC max aussi élevée que celle obtenue sur le terrain, la motivation étant souvent moindre au labo.

La FC max de référence devra souvent être dérivée d'un test sur le **terrain** en conditions plus réalistes. Le test d'effort, à vélo sur route ou à pied sur piste, devra commencer par un échauffement suffisant et se poursuivre à une allure d'intensité progressivement croissante, jusqu'au maximum

A vélo, sur un parcours plat et après s'être bien échauffé, on peut en utilisant en parallèle un simple compteur de vitesse, augmenter celle-ci de 2 Km/h par paliers de 1 min, jusqu'à atteindre la vitesse max et la FC max correspondante fournie par le CFM.

Une alternative valable à vélo est de terminer le parcours plat par l'ascension d'une côte, avec une fréquence de pédalage élevée.

C'est souvent lors d'une sortie en groupe que le cycliste parvient à produire son véritable maximum.

La FC max à retenir doit néanmoins représenter une valeur relativement stable, observée en temps réel sur le CFM, plutôt que le seul chiffre fourni à la fin de la séance, éventuellement un peu surestimé.

A pied, les mêmes principes peuvent s'appliquer pour obtenir la FC max, en augmentant la vitesse de 1 Km/h par paliers de 1 min ou en diminuant progressivement le temps sur une distance donnée, jusqu'au maximum. Un sprint final est aussi une alternative valable.

Si la FC max est indispensable, elle ne donne cependant guère d'indication sur la condition physique, contrairement à la FC repos ou plus précisément au pouls matinal, qui est plus fiable.

La FC repos / matinale peut être mesurée correctement et simplement, sans l'aide du CFM, en prenant soi-même, chaque matin dès le réveil, en position couchée, le pouls sur l'artère radiale au poignet, pendant 1 min, plusieurs jours d'affilée, par exemple 4 ou 5 jours. Les 2 valeurs extrêmes doivent être écartées et la moyenne des autres chiffres sera retenue comme valeur de référence pour la FC repos réelle, individuelle.

La FC repos / matinale baisse au fur et à mesure que la condition physique s'améliore et fluctue en fonction de l'évolution de l'état de forme.

Sur la base de ses données personnelles pour **FC max / repos** , définissant sa propre Réserve Cardiaque, le sportif pourra appliquer **la formule de KARVONEN** et calculer l' **intensité** de l'effort en % **RC**.

Au sens large, on peut considérer que l'endurance s'étend de 50 % RC jusqu'au seuil à 85 - 90 % RC et comprend 3 zones, définissant **3 niveaux d'endurance** :

Zone 1 : l'**endurance de base**, de 50 % jusqu'à 60 - 65 % RC

Zone 2 : l'endurance **extensive**, jusqu'à 70 - 75 % RC

Zone 3 : l'endurance **intensive** , jusqu'à 85 - 90 % RC

Il est habituel de moduler ces paramètres en fonction du type d'activité, vélo ou course à pied, étant généralement admis que celle-ci entraîne une réaction cardiaque un peu plus marquée.

Le sportif devra en pratique connaître les **3 chiffres de FC**, correspondant aux **limites des 3 zones** , donc respectivement : 60 %, 70 % et 85 % RC pour le vélo et 65 %, 75 % et 90 % pour la course à pied.

Exemple : un cycliste qui pour valeurs personnelles un pouls matinal de 50 et une FC max 180, soit une RC = 130, retiendra respectivement les FC 128 / 141 / 160, selon le calcul : endurance de base ($128 = 50 + 0.6 \times 130$), extensive ($141 = 50 + 0.7 \times 130$) et intensive ($160 = 50 + 0.85 \times 130$)

Ce cycliste pourra évoluer en :

- zone 1 : FC 115 à 128, soit 50 à 60 % RC

- zone 2 : FC 128 à 141, soit 60 à 70 % RC

- zone 3 : FC 141 à 160, soit 70 à 85 % RC

Tout au long de l'effort, le sportif peut suivre sa **FC instantanée** sur le CFM et savoir, en se souvenant des FC limites pour les différentes zones, à quel niveau d'endurance il se situe. Seuls les cardiofréquencemètres haut de gamme permettent un affichage de la FC instantanée en % RC, traduisant ainsi directement le niveau d'effort en fonction de la formule de Karvonen. Avec ces modèles, on peut également définir les 3 zones cibles correspondant à ses propres niveaux d'endurance et connaître en fin de séance le temps passé dans chaque zone.

Après l'entraînement, le sportif peut à son aise consulter son CFM et lire sa **FC moyenne (FC m)**, qui est le meilleur paramètre à prendre en considération et qui reflète la véritable intensité de la séance . Un cardiofréquencemètre d'entrée de gamme fournit déjà la FC m.

Dans le cadre du **sport santé**, à la fin d'un entraînement normal, la FC m devrait rester en **zone 1**. Lors d'un entraînement modérément intensif, la FC m ne devrait pas dépasser la limite de la **zone 2** . Une FC m en zone 3 relève d'une pratique compétitive, a priori trop intensive pour un sportif amateur.

La notion de FC moyenne autorise évidemment, en cours d'effort et plus spécialement à vélo, une variation de la FC instantanée dans n'importe quelle zone d'endurance en dessous du seuil ou même brièvement au-delà du seuil, dans la zone allant jusqu'à la FC max.

Un cycliste qui termine en zone 1, entre 50 et 60 % RC, soit avec une FC m entre 115 et 128 dans notre exemple, s'est déjà entraîné efficacement. Mentionnons qu'à ce niveau, il est entre 64 et 71 % FC max.

Il pourra progresser davantage s'il structure correctement sa séance, en roulant d'abord en zone 1 pour bien s'échauffer. Ensuite, il pourra effectuer une phase d'entraînement plus intensif en passant en zone 2 ou même au-delà, ce qui sera fréquemment le cas lors des sorties en groupe.

Il devra toujours veiller à terminer la séance à son aise en revenant en zone 1.

La FC m dans ces conditions devrait encore rester dans les limites de la zone 2.

En cours de saison, le sportif devra contrôler ses données personnelles et les actualiser si nécessaire, en surveillant plus spécialement sa FC matinale, qui reflète bien l'évolution de la condition physique.

Une augmentation significative de la FC matinale, d'au moins 5 pulsations, peut traduire une fatigue excessive, un manque de récupération, voire un véritable surentraînement, nécessitant un repos ou un allègement de l'entraînement. Dans le surentraînement, le sujet n'atteint souvent plus sa FC max.

Un pouls matinal significativement plus élevé peut également correspondre à un début d'infection virale, justifiant les mêmes mesures, préventivement.

Dans l' **interprétation** de la fréquence cardiaque, il faut aussi tenir compte du fait que la FC, tant au repos qu'à l'effort, augmente avec la température ambiante et avec l'humidité de l'air.

Pendant l'effort, la FC s'élève avec l'augmentation de la température corporelle, avec le degré de déshydratation, d'où la nécessité de boire suffisamment, notamment des boissons riches en glucides. Une dérive de la FC est malgré tout souvent observée lors des efforts prolongés.

Chez les sportifs qui n'ont pas des plaintes musculaires, c'est-à-dire pas des douleurs ou des crampes apparaissant précocement dans l'effort, le **seuil** théorique proposé par la formule de Karvonen, pris à 85 ou 90 % de la RC réelle, selon la discipline, apparaît en très bonne corrélation avec le seuil anaérobie métabolique obtenu par la mesure de l'acide lactique, pris par convention à 4 mMoles / L.

Dans ces conditions, la détermination des différentes zones **d'endurance**, en dessous d'un seuil dûment validé, s'avère très fiable et largement utile pour l'entraînement habituel.

Une pratique sportive modérément intensive, telle que décrite ici, devrait normalement se dérouler en endurance de base et extensive, à l'intérieur des **zone 1 et 2**.

Si au départ le sportif doit être rigoureux pour connaître ses limites en termes de réserve cardiaque, il peut ensuite dans la pratique admettre une tolérance raisonnable de quelques pulsations en termes de fréquence cardiaque pour bien évoluer au niveau d'effort souhaité, en étant en même temps attentif à son confort respiratoire et à ses bonnes sensations musculaires.

Il ne s'agit pas ici de fournir des consignes contraignantes, encore moins un plan d'entraînement.

L'application de ces différentes règles devrait simplement permettre un contrôle plus adéquat de l'activité sportive, qu'il s'agisse de faire du sport santé dans des bonnes conditions ou qu'il s'agisse d'optimiser son entraînement dans l'équilibre entre plaisir et meilleure performance à son niveau.

Article du mois d'avril 2007.

Copyright Docteur MICHOTTE, Institut Malvoz.