

# Section 3 :

# Physiologie

---

---

Intensité de l'entraînement .....	28
Zones de travail .....	31

# Section 3 : Physiologie

---

## Intensité de l'entraînement

La physiologie de l'exercice physique a beaucoup évolué depuis cinquante ans et se rapproche actuellement d'une science exacte à partir de laquelle on est capable de proposer des programmes d'entraînement adaptés aux besoins spécifiques et au niveau de chaque athlète. À l'inverse de l'idée qui veut que « sans douleur, pas de récompense », cette partie du Guide d'Entraînement explique comment une diversification des entraînements peut apporter des améliorations de la forme physique tout en réduisant le risque de blessure ou de problème de santé. La meilleure façon de contrôler l'intensité de son entraînement est de vérifier sa fréquence cardiaque. Pour ce faire, il est important de connaître la fréquence cardiaque de repos, la fréquence cardiaque maximale et la différence entre les deux - c'est-à-dire la plage de fréquence cardiaque, le seuil aérobie et le seuil anaérobie - afin de pouvoir calculer les zones de travail appropriées.

### Fréquence Cardiaque de Repos (FCR)

Comme tous les autres organes du corps, le cœur est commandé de manière autonome par le système nerveux. Un contrôle volontaire est donc presque impossible. Le cœur répond directement aux besoins du corps. Pendant le repos, la plus grande partie du sang irrigue le cerveau et les organes vitaux. Pour identifier les besoins énergétiques de l'exercice et les zones de travail adéquates en terme de fréquence cardiaque, il est nécessaire de s'appuyer sur un constat de départ : la fréquence cardiaque de repos. Celle-ci se mesure au réveil, avant le lever. L'enregistrement régulier de votre FCR permet également de contrôler votre système immunitaire, donc d'éviter le surentraînement et de minimiser le risque de maladie. En effet, la FCR s'élève quand le système immunitaire lutte contre une infection. Si vous constatez une hausse de votre FCR de plus de 6 à 8 battements par minute, mieux vaut éviter de vous entraîner jusqu'à ce qu'elle retrouve un rythme normal.

### Fréquence Cardiaque Maximale (FCM)

La fréquence cardiaque maximale varie selon l'activité pratiquée. La course à pied produit une FCM plus élevée qu'en aviron, elle-même plus élevée qu'en natation. Ceci s'explique partiellement par le fait que les coureurs sont debout, les rameurs assis et les nageurs allongés, réduisant les effets de la force de la gravité. Il est important de connaître votre FCM pour calculer les plages de travail pour votre fréquence cardiaque. Une méthode pour calculer la FCM théorique est l'équation  $FCM = 220 - l'âge$ , mais elle peut être très imprécise, la marge d'erreur étant de  $\pm 15/20$  battements par minute (BPM).

### Le seuil aérobie

L'exercice physique induit une augmentation de la concentration d'acide lactique dans le sang. Au repos cette concentration est de 1 mmol/L. Le seuil aérobie correspond à une concentration de l'acide lactique qui s'élève à 2 mmol/L. En principe, ce seuil est atteint entre 60 % et 70% de la fréquence cardiaque maximale. Elle représente l'intensité minimale d'entraînement.

B2 = aérobie = 2 à 3 mmole de lactate = 80 à 85% de la FC max

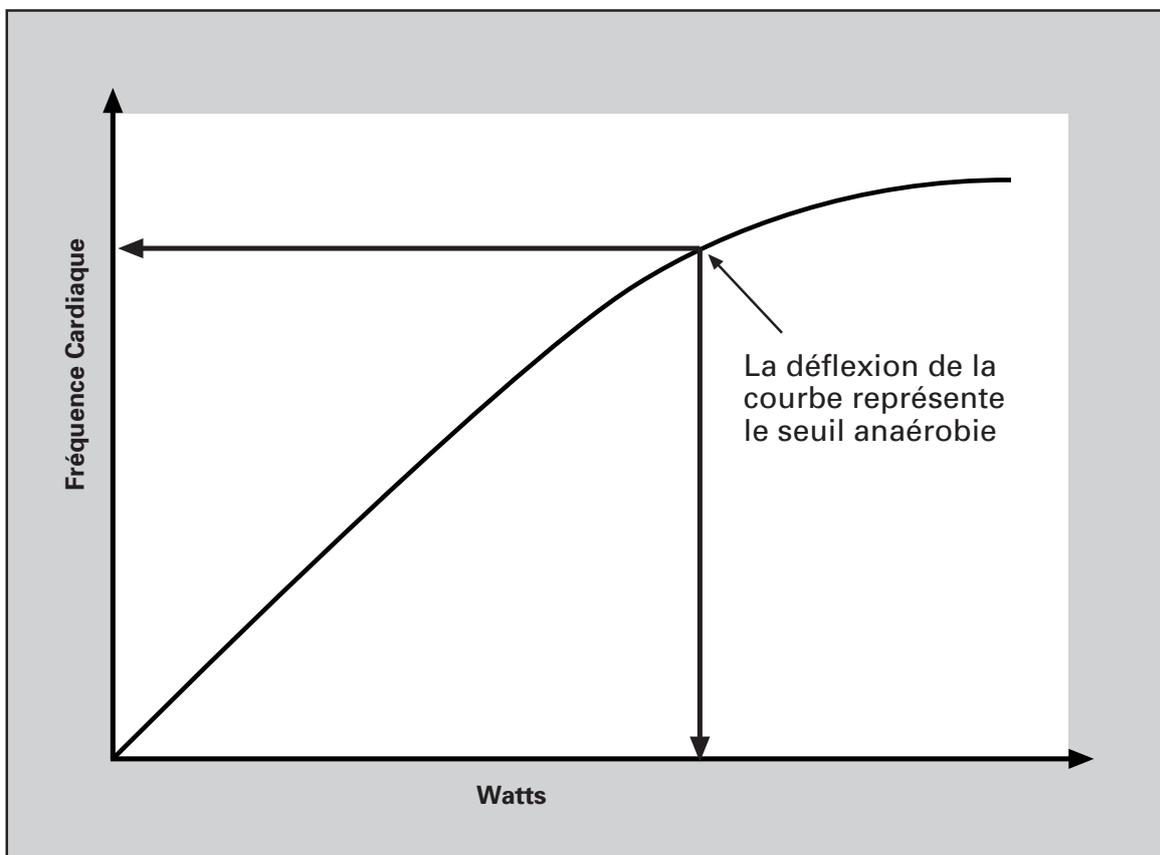
Au dessus de 4 mmol/l = anaérobie

## Le seuil anaérobie

Le seuil d'anaérobie est statistiquement mesuré à 4 mmoles/L. Au delà de cette concentration, la production d'acide lactique est au niveau maximal où le métabolisme reste possible. L'acide commence alors à s'accumuler dans les muscles en activité, ce qui réduit énormément leur efficacité. Le seuil anaérobie est souvent mesuré par un pourcentage de capacité aérobie ou de  $VO_2$  max, allant de 75 % à 90 % de la  $VO_2$  max selon le niveau de condition physique.

La fréquence cardiaque étant limitée, il arrive donc un moment où les demandes supplémentaires d'oxygène ne peuvent plus être satisfaites. À ce stade, les courbes de mesure montrent une inflexion du rapport fréquence cardiaque/fréquence de travail (voir ci-dessous). Le taux d'augmentation diminue et se stabilise à la fréquence cardiaque maximale. Beaucoup de physiologistes identifient ce point d'inflexion comme le seuil anaérobie. L'exercice entrepris au-delà de ce niveau de concentration est de type anaérobie.

L'entraînement effectué dans cette zone a un effet plus important sur le développement du cœur qu'à un niveau d'intensité plus faible. L'amélioration de l'efficacité musculaire se produit aux niveaux d'intensité les plus élevés, mais un tel entraînement ne peut être maintenu longtemps, compte tenu de l'exigence physique qu'il nécessite par rapport à l'entraînement en aérobie. En conséquence, bien que l'efficacité musculaire se développe plus rapidement à des fréquences cardiaques élevées, ce travail reste globalement moins long et ne conduit pas à autant de progression qu'un travail en aérobie en terme d'endurance. Cependant il est utile d'en incorporer dans son programme d'entraînement car il permettra par la suite de maintenir une vitesse et une force élevée en course par exemple (20 à 30 % de séances anaérobie contre 70 à 80 % de séances aérobie).



## Section 3 : Physiologie

---

### Fréquence cardiaque d'entraînement

Les fréquences cardiaques d'entraînement sont divisées en zones qui sont déterminées par quatre repères physiologiques clés : la fréquence cardiaque de repos, la fréquence cardiaque maximale, la fréquence cardiaque au seuil aérobie et la fréquence cardiaque au seuil anaérobie. Chez une personne qui n'a pas une bonne forme physique, le seuil anaérobie peut se situer à seulement 50 % de la fréquence cardiaque maximale tandis que chez un athlète très bien entraîné, il peut atteindre 90 %.

Lorsque vous commencez un programme d'entraînement, pour la première fois ou suite à plusieurs années sans exercice physique, il existe une méthode théorique, mais simple, pour déterminer votre fréquence cardiaque d'entraînement. Il suffit de soustraire votre âge au chiffre nominal de 220 afin d'obtenir votre fréquence cardiaque maximale. Ensuite, vous pouvez appliquer le pourcentage correspondant à ce chiffre dans les programmes d'entraînement. Cette méthode vous permet de travailler en toute sécurité. Lorsque vous améliorez votre forme physique, vous pouvez privilégier la méthode basée sur la plage de fréquence cardiaque.

## Zones de travail

Les fréquences cardiaques d'entraînement comprennent cinq zones déterminées suivant la FCM, du seuil aérobie et anaérobie. Les zones aérobie (B0, B1 et B2) reposent uniquement sur le système aérobie et forment la base de la plupart des programmes d'entraînement. Dans ces zones, les substrats principaux sont les hydrates de carbone et les lipides, le pourcentage de chacun dépend de la durée de l'entraînement. Les zones anaérobie (B3, B5 et B6) combinent le rendement du système aérobie avec les différentes entrées du système anaérobie. Le substrat pour ces zones sont les hydrates de carbone.

Le tableau ci-dessous fait la relation entre les zones de travail et la cadence conseillée. De plus il décrit comment vous vous sentirez pendant ces entraînements et les effets qu'ils auront sur vous.

**Tableau 3.1**

Zone de travail					
Zone	Type de travail	Lactates	CPM	Avantages	Sensations
B0	Aérobie de de faible intensité. Soutenable et brûle-graisse.	-	16/18	Travail CV de base.	Détendu et capable de tenir une conversation.
B1	Aérobie intensive associée à une consommation accrue d'oxygène.	> 2	18/20	Niveau supérieur du travail CV.	Fréquence cardiaque et système ventilatoire et température corporelle plus élevés.
B2	Seuil anaérobie. A la limite supérieure de l'aérobie.	2-3	19/22	Niveau maximum de travail CV. Construction d'une tolérance physique et mentale.	Rejet de dioxyde de carbone en augmentation. Respiration importante.
B3	Transport d'oxygène. Insoutenable sur une longue période.	3-6	22/26	Developpement du transport de l'oxygène vers les muscles. Augmentation du rendement cardiaque.	Epuisant. Essouffement.
B5/B6	Anaerobie (sans oxygène). Séries courtes d'effort maximum. Insoutenable.	-	28+	Gain de vitesse. Accoutumance de l'organisme au travail sans oxygène.	Très contraignant. Essouffement.

### Notes

CPM = coups par minute

%FCM = pourcentage de la fréquence cardiaque max

CV = cardiovasculaire

## Section 3 : Physiologie

Le Tableau 3.2 ci-dessous donne des indications sur la consommation de substances à différents niveaux d'intensité. N'oubliez qu'il s'agit de valeur estimée de la consommation de graisse par rapport à celle des hydrates de carbone, et qu'il faut combiner durée et efficacité du travail.

**Tableau 3.2**

<b>Relation en intensité d'exercices et sources d'énergie</b>				
<b>Intensité d'exercice % FCM</b>	<b>Fréquence Cardiaque</b>	<b>% Hydrates de carbone</b>	<b>% graisse</b>	<b>Durée recommandée</b>
65-70	130-140	40	60	60-90 min
70-75	140-150	50	50	30-60 mins
75-80	150-160	65	35	15-30 mins
80-85	170-180	80	20	10-15 mins
85-90	180-190	90	10	4-6 mins
90-95	190-200	95	5	90 secs -4 mins
100			-	45 -60 secs

### Remarques

Exemple établi à partir d'une FC de 200 bpm

#### Remarque :

Il existe une séance B4 s'effectuant sur 2000 mètres qui s'avère très intéressante.

Séance de transition aérobie-anaérobie.

Cadence 24 à 32 coups d'aviron /minute

Echauffement progressif de 10 à 15 minutes.

Cette séance est un test progressif sur 2000 m à réaliser de la manière suivante : 1000 m à cadence 24, 500m à cadence 28, 500m à cadence 32 (sans temps d'arrêt : programmez le moniteur sur 2000 mètres et démarrez votre test progressif).

Le temps réalisé est généralement supérieur de 10 à 15 secondes par rapport à vos possibilités sur 2 000 mètres en compétition. C'est un bon indicateur de la condition physique du moment.

## Questions / Réponses

### **Réponses de Terry O'Neill**

**«J'essaye actuellement de perdre du poids. En soustrayant mon âge (41 ans) de 220, j'ai obtenu 179 comme fréquence cardiaque maximale. Mais récemment, ma fréquence cardiaque est montée à 185 bpm lors de sprints en côtes. Ma fréquence cardiaque de repos est de 42 à 44.**

**Prenant comme base ce chiffre de 179, je calcule 65 % et arrive à une fréquence de travail de 116 bpm. Pour atteindre cette fréquence, il me faut ramer à une cadence de 28 ou 30 au lieu des 18 ou 20 conseillés par le Guide d'Entraînement. Qu'ai-je fait d'incorrect ? »**

Votre fréquence cardiaque maximale dépend de l'activité que vous faites. Les sprints en côtes engendrent une fréquence cardiaque maximale nettement supérieure à celle de l'aviron.

Le pourcentage de la fréquence cardiaque à laquelle vous devez travailler est basé sur votre plage de fréquence cardiaque. Celle-ci est calculée en soustrayant votre fréquence cardiaque de repos de votre fréquence cardiaque maximale. Multipliez ce chiffre par le pourcentage voulu et ajoutez-y votre fréquence cardiaque de repos. Cela vous donnera une idée précise de la fréquence cardiaque adaptée à la zone de travail en question. Exemple :  $179 - 44 = (135 \times 65) / 100 = 88 + 44 = 132$  (et non 116).

En terme de cadence, il est nécessaire de donner plus de vitesse à votre coup d'aviron (notamment en accentuant la poussée de jambes) pour pouvoir travailler à la bonne fréquence cardiaque.

**«Pourquoi faut-il s'entraîner dans les différentes zones de travail et pourquoi ne peut-on pas simplement s'entraîner le plus intensément et le plus longtemps possible ? »**

Au début de ma carrière d'entraîneur de l'équipe nationale à la fin des années 70, nous utilisions trois zones de travail. À l'époque elles s'appelaient « *Steady State* » (Etat d'équilibre), « *Tempo* » (Rythme) et « *Interval* ». « *Steady state* » équivalait à un niveau d'aérobic et « *Tempo* » au seuil anaérobic. « *Interval* » consistait à réaliser des séries de 500 m.

L'équipe que j'ai entraînée en 1980 a suivi un programme d'entraînement basé sur ces trois zones, et a gagné aux championnats du monde en un temps record, celui-ci ne fut d'ailleurs pas égalé pendant neuf ans. Les membres de cette équipe avaient tous un emploi à plein temps et s'entraînaient quatre soirs par semaine et deux fois le samedi et le dimanche.

L'entraîneur qui oserait suggérer ce type de programme aujourd'hui aux athlètes qui travaillent à temps plein et qui forment actuellement l'équipe nationale serait très courageux. Le plus loin où je sois allé, c'était il y a quelques années, quand j'ai aidé un club local. La première chose que j'ai faite a été de réduire le nombre de séances hebdomadaires en éliminant toutes les séances de début de matinée les jours de semaine. J'ai pris cette décision en raison du fait que pendant ces séances la concentration manquait, à cause de la forte pression de finir à temps pour aller au travail. Les séances du soir manquaient de qualité parce que les athlètes manquaient de sommeil et arrivaient à l'entraînement fatigués. Lorsque j'ai proposé d'abandonner les séances du matin, j'ai vu sur leurs visages qu'ils pensaient, « C'est qui, ce mec ? » Pourtant, ils ont fait ce que je leur ai demandé et ils ont gagné les Régates Royales d'Henley, ce qui était leur objectif.

Pour les athlètes professionnels, la fatigue prend moins d'importance puisqu'ils ont la possibilité de se reposer entre les séances. Ils ont plus de temps pour s'entraîner et donc l'entraînement remplit le temps qu'ils ont de disponible. Le raisonnement tient en ce que l'entraînement peut être plus spécifique, et pour ce faire, le nombre de zones de travail a été étendu à cinq, voire même jusqu'à sept dans certains cas.

En identifiant les différentes zones, on s'aperçoit que l'on est pas très éloigné de l'entraînement le plus

## Section 3 : Physiologie

---

intense et le plus long possible. Un travail à basse intensité se fait pendant une durée plus longue ; et si vous commencez trop fort, vous ne pourrez pas terminer la séance. Mais si vous voulez faire chaque séance à fond, alors cela équivaldrait à concentrer en un seul point la totalité de la fourchette allant du travail en aérobie de basse intensité à celui en anaérobie de haute intensité.

Selon les terminologies, les deux extrêmes de cette fourchette pourraient également être appelées « endurance » et « travail de puissance max. ». Vous verrez qu'un travail d'endurance apporte des gains en force identiques à ceux d'un travail de puissance. Les méthodes modernes alternent les différentes zones : 20 à 30% pour les séances anaérobie contre 70 à 80% de séances aérobie.

Les zones de travail sont déterminées par la concentration de lactate dans le sang et cette méthode est aussi valable pour les programmes d'entraînement préparant à une course de 2 000 m. Pour les coureurs qui s'entraînent au marathon, la concentration de lactate n'est pas toujours un indice fiable car les marathonniens ne produisent pas nécessairement un niveau significatif de lactate. En revanche, il s'agit d'un indice utilisé par les rameurs puisque deux phénomènes peuvent les empêcher de poursuivre leur entraînement. Le premier est le manque d'énergie. Ceci advient aux athlètes qui pratiquent une activité aérobie de très longue durée, type "Ironman", dans le cas où ils ne s'alimentent pas pendant l'effort. Le second s'explique parce qu'un travail physique extrêmement intense provoque une telle concentration d'acide lactique que le pH sanguin passe d'un pH alcalin normal de 7,3 à un pH acide de 6,8. Dans ce cas, le calcium, élément de liaison du complexe acto-myosine (partie de l'unité contractile du muscle) se décompose et le muscle ne peut plus se contracter. Le 400 mètres-haies en est un exemple : lorsque les coureurs s'approchent de l'arrivée, ils donnent l'impression de courir dans du coton avant de s'arrêter net sur la ligne d'arrivée. La course entière dure moins d'une minute, il n'est donc pas possible que l'athlète manque d'énergie.

L'accumulation d'acide lactique est le facteur limitant sur une course d'aviron de 2 000 m. La dépense énergétique est de l'ordre de 400 calories, ce qui en soit, n'est pas spécialement élevé étant donné que l'être humain possède une réserve totale d'environ 10 000 calories (consommation maximale en 24 heures). Le taux de dépense énergétique d'un 2 000 m représente 10 fois le taux soutenable par le corps, ce qui explique pourquoi cette épreuve représente un tel défi physique.

L'objectif principal d'un programme d'entraînement est d'accroître la capacité d'endurance et retarder l'accumulation d'acide lactique. Il est donc nécessaire de connaître l'intensité à laquelle cette réaction a lieu (le seuil anaérobie).

Étant donné que l'acide lactique est toujours présent dans le sang, il est nécessaire de connaître la concentration basique due au métabolisme et à une activité normale, ainsi que la quantité créée par l'exercice suscitant l'effet physiologique souhaité (seuil aérobie). Ces deux points ont été évalués à deux et quatre mmoles. Il existe alors des zones de travail en-dessous (B1-B2) et au-dessus du seuil anaérobie qui commencent à 4 mmoles.