



SOMMAIRE

01-Avant-propos

02-Intérêt des notions de biologie et de physiologie sportives

03-Notions de physiologie cardiaque

04-Le cœur

05-Les fréquences cardiaques à retenir

06-Le cardiofréquencemètre

07-Exemple de test de terrain

08-Le CAT test : évaluation de la forme et protocole du Cat test

09-Le CAT test: indices de la performance retenus

10-Le CAT test: interprétation

11-Notions de nutrition

12-Les nutriments essentiels

13-Les sucres

14-Les graisses

15-Les protéines

16-Métabolisme énergétique de la cellule musculaire

17-Les filières énergétiques

18-Le système énergétique aérobie

19-Le système énergétique anaérobie

20-Vue synthétique des différentes filières énergétiques

21-Paramètres fondamentaux de la performance

22-Paramètres physiologiques de la performance en fond

23-La VO2 max

24-La VMA

25-Le seuil anaérobie

26-Le seuil aérobie

27-Les allures

28-Les allures de course

29-L'entraînement à VMA

30-La résistance dure

31-La résistance douce

32-L'endurance fondamentale

33-Relations entre filières énergétiques et vitesse de course

34-Interprétation des résultats à partir des notions acquises

39-Annexes

50-Bibliographie

AVANT-PROPOS

Ce travail fait suite et complète l'exposé du 28 Novembre 1999, organisé à l'initiative du club KM 42, et qui a permis d'aborder quelques notions essentielles de biologie et de physiologie sportives.

A partir de la réalisation d'un test de terrain, les paramètres essentiels de la performance sportive ont été précisés ainsi que les notions de biologie et de physiologie sportives qui s'y rattachent.

L'objectif avoué d'une telle démarche est de permettre à tout un chacun d'acquérir un savoir de base qui l'aidera à aborder des notions parfois abruptes, à remettre en questions certaines idées reçues et à se protéger de pratiques sportives inefficaces voire dangereuses.

En effet, pour faciliter la compréhension des paramètres de la performance et de l'amélioration de la forme, un certain nombre de notions indispensables doivent être connues sous peine de contre-sens dans l'interprétation des résultats des tests. Ces notions, une fois bien comprises, permettront également de rendre le savoir sportif plus cohérent et de faire un lien plus sûr entre les différents domaines abordés dans la démarche documentaire du coureur à pied.

Dans ce travail seront exposées brièvement quelques notions de physiologie cardiaque, le test de terrain utilisé pour collecter les paramètres essentiels pour l'évaluation de la performance et la mise en place du plan d'entraînement, des notions de nutrition ainsi qu'un assez long développement sur le métabolisme énergétique de la cellule musculaire. Enfin, la définition des paramètres fondamentaux de la performance en fond sera abordée, suivie d'un chapitre sur les différentes allures de course à utiliser.

Pour conclure, l'interprétation des résultats, à partir des notions développées tout au long de cet ouvrage, permettra d'avoir une vue plus synthétique de l'ensemble.

Ce travail ne prétend pas bien sûr être exhaustif, mais tente plutôt de souligner les notions les plus importantes à connaître.

A cet égard, une bibliographie est proposée regroupant les ouvrages consultés pour la réalisation de ce recueil.

Pour conclure dans cet avant-propos, je veux simplement espérer que la lecture de ces pages vous donnera l'envie d'aller plus loin dans l'approfondissement de votre savoir sportif ainsi que dans l'amélioration de vos performances, et ce en toute sécurité.



Dr Jean-Pierre VERGNES

INTERET DES NOTIONS DE BIOLOGIE ET DE PHYSIOLOGIE SPORTIVE

MOTS-CLES :

Performance sportive
Niveau de forme
Méthodologie
Cohérence du savoir sportif

NOTES

PERSONNELLES :

- INTERPRETATION DU RESULTAT
DES TESTS D'EVALUATION
- COHERENCE DU SAVOIR
SPORTIF
- PROGRESSION DANS LA
CONNAISSANCE DES BASES DE
L'ENTRAINEMENT

1. Présentation, à partir d'un test d'évaluation de la condition physique, des paramètres essentiels de la performance sportive

L'utilisation d'un test d'évaluation de la condition physique va permettre, au moyen de paramètres physiologiques réputés déterminants de la performance sportive, de **déterminer le niveau de forme** du sujet, mais aussi de **définir la méthodologie de l'entraînement**.

2. Nécessité d'aborder des notions indispensables pour interpréter les résultats et acquérir un savoir plus cohérent

Pour faciliter la compréhension des paramètres de la performance et de l'amélioration de la forme, un certain nombre de **notions indispensables** doivent être connues sous peine de contre-sens dans l'interprétation des résultats des tests.

Ces notions, une fois bien comprises, permettront également de rendre le **savoir sportif plus cohérent** et de **faire un lien plus sûr entre les différents domaines** abordés dans la démarche documentaire du coureur à pied.

MOTIONS DE PHYSIOLOGIE CARDIAQUE

LE COEUR

LES FREQUENCES CARDIAQUES A RETENIR

LE CARDIOFREQUENCEMETRE

LE COEUR

MOTS-CLES :

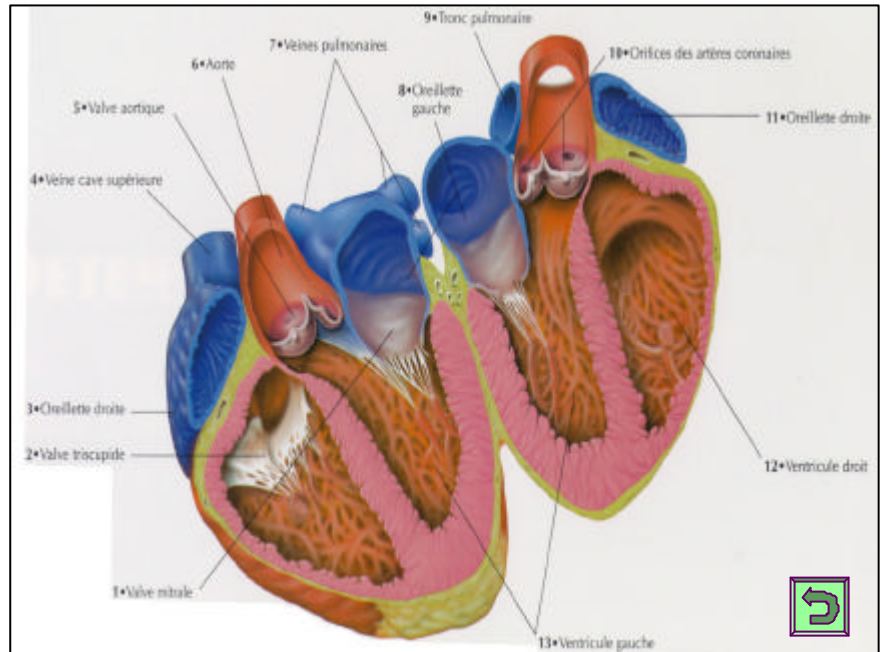
Cœur
Volume de remplissage
cardiaque
Force de contraction
cardiaque
Fréquence cardiaque
Endurance

A RETENIR :

**Le préalable
incontournable
à de bonnes performances
est un travail d'endurance
important en volume
(80% du volume de course
hebdomadaire).**
(Voir définition du travail
en endurance plus loin).

NOTES

PERSONNELLES :



Le **cœur** est un muscle creux qui fonctionne à la manière **d'une pompe foulante et aspirante**.

En effet, 2 phases se succèdent lors du cycle cardiaque :

- une phase de repos (la diastole) ou **phase de remplissage du cœur par le sang**.
- une phase de contraction (la systole) ou **phase d'éjection du sang** vers la circulation générale.

Le débit cardiaque va être fonction de la fréquence de contraction et du volume de sang éjecté à chaque contraction. Plus la fréquence cardiaque est rapide, plus le débit augmente avec cependant deux facteurs limitants:

- l'épuisement de la force musculaire cardiaque.
- la mauvaise qualité de remplissage du cœur avant l'éjection du sang.

Donc plus la fréquence cardiaque augmente, plus le remplissage des cavités cardiaques est altéré et moins le volume d'éjection à chaque contraction cardiaque est important.

Le meilleur compromis pour obtenir un cœur puissant et endurant consiste à augmenter le volume de remplissage des cavités cardiaques ainsi qu'à augmenter l'épaisseur de la paroi cardiaque ("muscler le cœur").

L'ensemble sera au mieux réalisé par **le travail en endurance**.

LES FREQUENCES CARDIAQUES A RETENIR

MOTS-CLES :

FCM théorique
FCM réelle
Fréquence cardiaque de repos

A RETENIR :

Parmi les fréquences cardiaques à retenir, la fréquence cardiaque maximale et la fréquence cardiaque de repos permettent d'évaluer d'autres fréquences importantes (ou remarquables) ainsi que d'objectiver une méforme de l'athlète.

NOTES

PERSONNELLES :

Les Fréquences Cardiaques Remarquables

• Fréquence cardiaque maximale

Théorique: 220 - âge du coureur

Réelle: 2000 m progressif dont dernière minute à fond

• Fréquence cardiaque de repos

Cœur endurant= FCR lente (<65)

Cœur résistant= FCR rapide (>65)

• Fréquence au seuil anaérobie

85 à 90% de FCM (voir test de terrain)

• Fréquence au seuil aérobie

70% de FCM (voir test de terrain)

A propos de la fréquence cardiaque maximale (FCM):

La FCM théorique , calculée par la formule d'Astrand, présente des limites quant à sa validité. Cela tient d'une part, à la variabilité individuelle de ce paramètre et d'autre part, au niveau de pratique du coureur. Plus le coureur sera proche d'un bon niveau, meilleure sera la corrélation avec la FCM théorique. La différence entre la valeur réelle et théorique atteint environ +/- 10 pulsations/minute.

La FCM réelle peut être déterminée en laboratoire ou par une course de 1000 m courus à vitesse élevée dont les derniers 200 m seront courus à vitesse maximale. Il s'agit donc d'un test maximal qui ne sera pratiqué qu'après avoir passé une visite médicale d'aptitude.

A propos de la fréquence cardiaque de repos:

Cette fréquence peut être utilisée comme un **indice de forme ou de méforme**.

En effet, dès qu'un fléchissement de la forme ou qu'un problème de santé se manifeste, cette fréquence va varier à la hausse de 5 à 10 pulsations/minute.

Ce repère de fréquence se mesure le matin, au réveil, avant le lever et au mieux avec un cardio-fréquencemètre porté toute la nuit (il est prudent de faire 2 ou 3 mesures sur 2 à 3 jours).

Le CARDIO-FREQUENCEMETRE

MOTS-CLES :

Emetteur
Recepteur-bracelet
Fréquence cardiaque instantanée
Pouls
Débit sanguin

A RETENIR :

La fréquence cardiaque instantanée est le reflet du débit sanguin et donc de l'intensité instantanée de l'effort .

NOTES PERSONNELLES :

Le Cardio-FréquenceMètre

- Un émetteur porté en ceinture thoracique recueillant, au moyen de 2 électrodes thoraciques plates, la fréquence cardiaque instantanée.
- Un récepteur- bracelet porté au poignet, affichant la fréquence cardiaque instantanée, issue de l'émetteur.

Il existe de nombreux modèles et de nombreuses marques de cardio-fréquencemètre avec diverses options et à tous les prix.

Cela va du simple affichage de la fréquence cardiaque instantanée jusqu'aux enregistrements multiples d'allures et de fréquences cibles utilisées au cours de l'entraînement avec mise en mémoire , puis éventuellement transférable sur PC pour exploitation des résultats.

La plupart du temps, un modèle de base affichant simplement la fréquence cardiaque associé à une montre ayant la fonction chronomètre, fera largement l'affaire. Le prix des modèles de base se situe autour de 300 - 400 francs.

La fréquence cardiaque représente le nombre de contractions cardiaques par minute.

Elle est comptabilisée simplement en prenant son pouls ou au mieux avec un cardio- fréquencemètre.

La fréquence cardiaque est variable selon le niveau d'effort du sujet. Le cœur est en effet capable d'ajuster la fréquence de ses contractions et donc le débit sanguin dans la circulation générale, à tout moment.

Il existe quelques fréquences cardiaques remarquables qu'il est important de connaître .

EXEMPLE DE TEST DE TERRAIN

**EVALUATION DE LA FORME
ET PROTOCOLE DU CAT TEST**

INDICES DE LA PERFORMANCE RETENUS

INTERPRETATION DU CAT TEST

LE CAT TEST

Le CAT test est un test de terrain réalisé à intensité maximale.

- * Le **premier palier (800 m)** du test doit être couru à une **allure confortable** (le coureur peut parler pendant ce palier) proche de l'allure d'endurance fondamentale. La fréquence cardiaque associée à ce palier sera notée.
- * Le **deuxième palier (800 m)** est couru à une allure correspondant à une fréquence cardiaque supérieure à **15-20 pulsations par rapport à celle du premier palier**. La fréquence cardiaque du deuxième palier sera également notée.
- * Le **troisième palier** est couru à la **vitesse maximale** que l'on pense pouvoir soutenir entre 6 et 8 mn, soit selon le niveau: **1500, 2000 ou 3000 m**.

Par exemple, à la fin du test, un coureur de niveau moyen ayant choisi 2000 m pour le 3ème palier aura couru au total pour l'ensemble du test:

800 m (1er palier) + 800 m (2ème palier) + 2000 m (3ème palier) = **3600 m**.

TEST DE TERRAIN: le CAT-test

Protocole de l'épreuve:

- 3 paliers enchainés en moins d'1 mn
- port d'un cardio-fréquencemètre

- ▶ premier palier couru à une fréquence correspondant à l'allure d'endurance fondamentale sur 800 à 1200 m selon le niveau **avec chronométrage**
- ▶ deuxième palier couru à une fréquence de 15 à 20 pulsations au-dessus de l'allure du premier palier sur 800 à 1200 m selon le niveau **avec chronométrage**
- ▶ troisième palier couru à vitesse maximale sur 1000 m pour les débutants, 1500 m pour les non-coueurs mais sportifs ainsi que les jeunes, sur 2000 m pour les coureurs de fond et de demi-fond **avec chronométrage et relevé de la Fréquence Cardiaque Maximale**

L'évaluation de la forme peut se faire au moyen de 2 types de tests :

- Les tests réalisés en laboratoire sur tapis roulant ou cycloergomètre (vélo).
- Les tests de terrain réalisés sur piste:
 - soit avec un matériel sophistiqué (recueil des gaz inspirés et expirés, prélèvements sanguins, électrocardiogramme, etc.),
 - soit avec un matériel réduit (chronomètre et cardio-fréquencemètre).
- Ces tests peuvent être **sous-maximaux** (l'épuisement physique du coureur n'est pas atteint) **ou maximaux** (jusqu'à épuisement physique du coureur).

LE CAT TEST

MOTS-CLES :

Allures
Palier de course
Evaluation des seuils
VO2 max
VMA

A RETENIR :

Le cat test sert à repérer des allures d'entraînement.

A NOTER :

* VO2 max = voir définition plus loin.

* indice = valeur indicative et non absolue.

* CFM = cardio-fréquencemètre

TEST DE TERRAIN: le CAT-test

Cat-test = Control Aérobic Training

Objectifs:

- ▶ déterminer un indice de VO2 max
- ▶ établir une évaluation des seuils aérobie et anaérobie
- ▶ donner des vitesses de course avec le contrôle de la fréquence cardiaque

Les auteurs de ce test précisent qu'il s'agit d'une épreuve destinée avant tout à repérer des allures d'entraînement à partir de la vitesse moyenne obtenue lors de la réalisation du 3ème palier (VMA).

- ❑ **En ce qui concerne le VO2 max***, le problème essentiel réside dans l'incertitude qui existe quant à la capacité de se donner à fond dans la réalisation du 3ème palier, d'où l'appellation d' "indice"*. Le VO2 max étant au mieux évalué lors d'un test sophistiqué de laboratoire .
- ❑ **Les seuils aérobie et anaérobie** sont également évalués approximativement :
 - En effet, ces seuils ne peuvent être précisément connus que par des tests de laboratoire ou lors de test de terrain réalisés au moyen d'un appareillage complexe et onéreux associés à des prélèvements sanguins pour évaluer les teneurs en acide lactique sanguin (lactates) pendant l'effort sportif.
 - Dans les autres types de tests de terrain réalisés au moyen d'un équipement simple , le même genre d'approximation existe.
- ❑ **La fréquence cardiaque** varie de façon proportionnelle à la vitesse de course (tout au moins jusqu'aux abords de la VO2 max), ce qui permet d'associer une fréquence cardiaque donnée à une vitesse de course - ce sera bien sûr très utile pour le repérage des allures d'entraînement au moyen du CFM*.

LE CAT TEST

MOTS-CLES :

Seuils aérobie et anaérobie
VMA
VO2 max
Lactate sanguin
Course continue
Travail par intervalles
Seuil d'accumulation lactique

A RETENIR :

La partie prépondérante en volume de l'entraînement doit se courir entre le seuil aérobie et le seuil anaérobie.

La zone d'effort à éviter se situe entre le seuil anaérobie et le VO2 max.

NOTES

PERSONNELLES :

1. Les seuils aérobie et anaérobie seront exprimés en % de la Vitesse Maximale Aérobie (VMA).

- On considère que le seuil aérobie se situe à 78%, 75%, 70% de la VMA selon le niveau du coureur soit respectivement bon, moyen, débutant.

Pour le seuil anaérobie, il en sera de même avec des valeurs à 88%, 85%, 80% de la VMA pour les mêmes catégories de niveau de forme.

- La vitesse au seuil aérobie représente celle d'une reprise d'entraînement ou de la récupération.
- La vitesse au seuil anaérobie est la limite au-delà de laquelle il faut travailler par intervalles et non plus en continu pour éviter l'accumulation du lactate sanguin (qui limiterait l'utilisation des Acides Gras Libres ou AGL).

Courir entre ces deux limites favorisera donc la capacité du coureur à soutenir une fraction importante de sa VMA en reculant le début d'accumulation lactique .

2. La VMA est développée en courant à une vitesse égale ou légèrement supérieure à la vitesse du 3ème palier sur des distances de 300 à 1000 m, avec un type de récupération inférieur au temps d'effort et couru entre 40 et 70% de la VMA.

3. **Il existe une zone à éviter** d'après les auteurs du test, zone comprise entre vitesse au seuil anaérobie et VMA. C'est une zone qui présente plus d'inconvénients que d'avantages car en s'entraînant par course continue, l'allure trop élevée conduit l'athlète à réaliser une séance anaérobie, alors que par un entraînement par intervalles, l'allure n'est pas assez élevée pour atteindre la VO2 max.

Pour clore cette partie concernant l'évaluation de la fraction maximale de VO2 max sans accumulation de lactate, une approche personnelle peut-être réalisée par chacun, sur le terrain, par la perception et l'interprétation de ses sensations.

Il a été mis en évidence que l'exercice, en général qualifié d' "assez dur", correspond au début d'accumulation lactique (et à quelque % de VO2 max que ce soit, ainsi que chez des sujets entraînés ou non en endurance, et quelque soit le sexe), s'associant à des sensations de gêne respiratoire, d'hyperventilation, de lourdeur des jambes.

Tout cela est à confronter aux données chiffrées recueillies lors du test de terrain pour affiner son % de VO2 max correspondant au seuil anaérobie.

NOTIONS DE NUTRITION

LES NUTRIMENTS ESSENTIELS

LES SUCRES

LES GRAISSES

LES PROTEINES

LES NUTRIMENTS ESSENTIELS

MOTS-CLES :

Nutriments
Glucides
Lipides
Protides
Glycogène
Glucose
Acides aminés
Acides gras

A RETENIR :

Les nutriments se définissent comme des substances nutritives pouvant être directement utilisés par les cellules.

Par opposition, les aliments pour être utilisables par l'organisme doivent être dégradés en nutriments.

NOTES PERSONNELLES :

Nutriments essentiels à la production d'énergie chimique

- Sucres → Glucose → Glycogène → Glucose
- Graisses → Triglycérides → AGL
- Protéines → AA → Glycogène → Glucose

Les trois grands types d'aliments (glucides, lipides, protéines) peuvent être plus ou moins utilisés par l'organisme vivant pour produire de l'énergie et/ou pour entretenir la structure de celui-ci (rôle énergétique ou plastique).

La valeur énergétique des aliments s'exprime généralement en calories. Schématiquement, 1 g de glucides fournit 4 calories ainsi qu'1 g de protides; par contre 1 g de lipides en fournit 9.

La cellule musculaire, pour son fonctionnement, nécessite un apport de substances particulières qui seront dégradées par les différentes filières énergétiques pour produire l'énergie utilisable pour la contraction musculaire.

Ces substances appelées **nutriments** regroupent les 3 catégories bien connues:

- les glucides ou sucres
- les lipides ou graisses
- les protides ou protéines

Ces nutriments ne seront utilisables par la cellule qu'une fois transformés:

- en glucose pour les glucides
- en acides gras pour les graisses
- en acides aminés pour les protides.

LES SUCRES

MOTS-CLES :

Glucides
Hydrates de carbone
Glucose
Glycogène

A RETENIR :

Seul le glucose en tant que sucre, n'est utilisable par la cellule musculaire pour la production d'énergie. Le glycogène est la forme de réserve du glucose. Il est stocké au niveau du foie et des muscles.

NOTES

PERSONNELLES :



LES SUCRES

- ▶ Les sucres sont convertis en glucose
- ▶ Au repos, transformation du glucose en glycogène musculaire et hépatique
- ▶ Les réserves en glycogène hépatique et musculaire sont limitées
- ▶ L'utilisation du glycogène lors de l'effort nécessite sa dégradation préalable en glucose
- ▶ Le glucose lors de son utilisation par la cellule musculaire permettra la formation d'ATP



Les sucres appelés aussi glucides ou hydrates de carbone représentent la catégorie de nutriments la plus importante pour l'athlète.

Pour pouvoir être utilisés par la cellule, les glucides doivent être transformés en un sucre simple: le glucose.

Les glucides sont subdivisés en 2 types:

- les glucides simples qui sont formés
 - * soit d'une seule molécule par exemple le glucose, le fructose ou le dextrose et on les appelle alors des monosaccharides,
 - * soit de deux molécules liées comme par exemple le saccharose (qui lie une molécule de glucose à une molécule de fructose) que l'on appelle alors des disaccharides.
- les glucides complexes constitués de milliers d'unités de sucres simples; on en connaît 2 catégories:
 - *l'amidon* dans le règne végétal.
 - *le glycogène* dans le règne animal.

L'amidon contenu dans les plantes sera utilisé comme aliment sous diverses formes (pâtes, riz, pomme de terre, semoule, etc) pour fournir du glucose après assimilation digestive. La séparation des différentes unités élémentaires de sucres simples prendra du temps et distillera lentement dans le courant sanguin le glucose libéré.

On peut utiliser la métaphore suivante pour mieux imaginer les choses: L'amidon peut se comparer à un long train dont les wagons seraient les unités de glucose. Ces wagons sont décrochés au fur et à mesure de la digestion de l'amidon d'où le terme de sucres lents.

Le glycogène constitue la forme de réserve de sucres de l'organisme selon le même principe et ce au niveau du foie et du muscle.

LES GRAISSES

MOTS-CLES :

Acides gras libres
â-oxydation
AcétylCoA

A RETENIR :

L'utilisation des graisses dans le métabolisme énergétique n'est possible qu'à certaines conditions:

- Présence d'une faible quantité de glucose
- Faible puissance de l'exercice
- Durée prolongée de l'exercice

NOTES

PERSONNELLES :

LES GRAISSES

- Les graisses sont aussi utilisées comme source d'énergie
- Le stock de graisses est beaucoup plus important que celui du glycogène
- Elles doivent être transformées en Acides Gras Libres pour être accessibles au métabolisme cellulaire
- Une quantité donnée de graisse fournit beaucoup plus d'énergie que la même quantité de sucre



Les graisses ou lipides ou corps gras ou matières grasses proviennent de 2 sources :

- de l'alimentation.
- de nos réserves graisseuses fabriquées lors d'un apport alimentaire excessif.

Ces réserves graisseuses sont **une source quasi inépuisable d'énergie** même chez un sujet maigre.

Cependant la mobilisation de ces réserves adipeuses ne se fera qu'à certaines conditions, en particulier **lors d'exercices physiques réalisés à faible intensité et de façon prolongée**. Il est aussi nécessaire qu'une faible quantité de glucose soit disponible et utilisable pour faciliter la dégradation des graisses.

Comme pour les sucres, les graisses ne sont pas utilisées telles quelles, mais une fois libérés les acides gras qui les composent. Ce sont **les acides gras libres**.

C'est par l'intermédiaire d'un **processus appelé â-oxydation** aboutissant à la formation d'acétylCoA qu'ils rejoignent la voie aérobie de la dégradation du glucose.

Sur le plan strictement énergétique, les graisses sont beaucoup plus caloriques que les sucres ou les protéines. Elles permettent de libérer 9 calories par gramme d'ou cette importante réserve énergétique potentielle même chez des sujets peu gras.

LES PROTEINES

MOTS-CLES :

Protéine
Protide
Acide aminé
Enzyme

A RETENIR :

Les protéines jouent surtout un rôle important dans le maintien et l'amélioration de la structure du muscle ainsi dans l'amélioration du fonctionnement enzymatique de la cellule musculaire
Le rôle des protides dans le métabolisme énergétique de la cellule musculaire reste réduit (environ 10%).

NOTES PERSONNELLES :

LES PROTEINES

- ▶ Les protéines peuvent servir pour 5 à 10% à produire de l'énergie
- ▶ Elles le font par l'intermédiaire de leurs éléments constitutifs de base, les Acides Aminés
- ▶ Les protéines peuvent également participer à la fabrication de glycogène: c'est la néoglucogenèse
- ▶ Elles peuvent aussi participer à la formation de graisses: c'est la lipogenèse



Les protéines également appelées **protides**, sont des assemblages complexes d'unités élémentaires appelées **acides aminés**. Ceux-ci sont au nombre de 21 (21 acides aminés différents) et sont utilisés pour la construction des protéines un peu comme des lettres pour composer un mot. A la seule différence près qu'il peut s'agir de "mots" de plusieurs milliers de lettres!

En fait, l'utilisation des protides à des fins énergétiques est **relativement peu importante** et ne concerne que quelques acides aminés parmi les 21 cités plus haut.

L'intérêt des protéines est ailleurs. En effet, **c'est leur rôle structural qui est le plus important**. Celui-ci consiste à consolider, accroître et réparer les structures musculaires (qui s'altèrent lors de l'effort) d'une part, et à améliorer le fonctionnement enzymatique* de la cellule à l'effort d'autre part.

(*) **un enzyme** est une protéine hautement spécialisée dans une réaction chimique cellulaire permettant de transformer un composé A en un composé B.

METABOLISME ENERGETIQUE DE LA CELLULE MUSCULAIRE



LES FILIERES ENERGETIQUES

LE SYSTEME ENERGETIQUE AEROBIE

LE SYSTEME ENERGETIQUE ANAEROBIE

VUE SYNTHETIQUE DES DIFFERENTES FILIERES ENERGETIQUES



LES FILIERES ENERGETIQUES

MOTS-CLES :

Phosphocréatine
ATP
Système glycolytique
Système oxydatif

A RETENIR :

Le choix de telle ou telle filière par la cellule musculaire pour lui fournir de l'énergie est déterminé par l'intensité de l'effort de l'athlète.

NOTES

PERSONNELLES :

FILIERES ENERGETIQUES

- ▶ **Système phosphocréatine-ATP**
 - ▶ anaérobie alactique
- ▶ **Système glycolytique** ☒
 - ▶ glycolyse anaérobie
- ▶ **Système oxydatif** ☒
 - ▶ oxydation des sucres
 - ▶ oxydation des graisses

Le système énergétique phosphocréatine-ATP est un système totalement indépendant de la présence ou non d'oxygène. C'est le niveau d'intensité de l'effort ou/et le début de l'effort qui déclenche son utilisation. Sa durée d'utilisation est de quelques secondes à 1 minute au plus. La quantité d'ATP produite est très réduite ce qui explique son épuisement rapide et son utilisation brève. C'est le système de production d'énergie utilisée préférentiellement par le sprinter.

Le système glycolytique fonctionne également sans oxygène (la glycolyse est donc toujours anaérobie!) avec cependant l'intervention d'un facteur limitant lors d'une pénurie d'oxygène (lorsque le niveau d'effort est trop élevé par rapport à l'apport d'oxygène). Ce facteur limitant est le célèbre Acide Lactique. La quantité d'ATP fournie par la glycolyse est limitée ce qui explique que courir à la vitesse de VO₂ max (VMA) n'est possible que pendant 4 à 8 minutes (voire 11 minutes pour les meilleurs).

Le système oxydatif (c'est à dire fonctionnant obligatoirement avec de l'oxygène) est quant à lui une source quasi inépuisable d'énergie. Sa caractéristique essentielle sur le plan énergétique est de pouvoir produire de très grandes quantités d'ATP mais à condition que la vitesse de course soit réduite par rapport à la VMA. Le carburant utilisé est alors soit le glucose, soit les AGL (mais qui nécessiteront toujours pour pouvoir être utilisés une petite quantité de glucose)

LE SYSTEME ENERGETIQUE AEROBIE

MOTS-CLES :

Glucose
Glycogène
Acides gras libres
Aérobie
Glycolyse
Â-oxydation
Acide pyruvique
AcétylCoA
ATP

A RETENIR :

Le système énergétique aérobie utilise un panachage en proportions variables de glucose et d'acides gras libres. L'utilisation de ce système permet de longues courses à vitesse modérée.

NOTES

PERSONNELLES :

SYSTEME ENERGETIQUE AEROBIE

- Glucose ou Glycogène → Glycolyse → Acide Pyruvique
Acide Pyruvique → Cycle de Krebs → Chaîne respiratoire → eau+CO₂+ATP+chaleur
- Graisses → βOxydation → Cycle de Krebs
Cycle de Krebs → Chaîne respiratoire → eau+CO₂+ATP+chaleur

La proportion d'utilisation des 2 systèmes varie en fonction de l'intensité de la course et de sa durée.

Le système énergétique aérobie est une filière énergétique qui fonctionne exclusivement en présence d'oxygène.

Le "carburant" utilisé dans cette filière sera le glucose, les acides gras libres ou un panachage des deux.

L'utilisation du glucose débute par la glycolyse, voie commune aux deux filières aérobie et anaérobie, aboutit à la formation d'acide pyruvique.

Celui-ci va être utilisé de manière originale, grâce à la présence d'oxygène, pour donner un composé carrefour au métabolisme énergétique des sucres et des graisses: l'AcétylCoA.

Il sera lui-même transformé en fin de réaction, à travers le cycle de Krebs et la chaîne respiratoire, pour donner de l'eau, de la chaleur, du gaz carbonique et de l'ATP.

L'utilisation des graisses par le biais des Acides Gras Libres (AGL) emprunte un ensemble de réactions chimiques connu sous le nom de â-oxydation pour aboutir à la formation du composé carrefour, l'AcétylCoA qui à travers le cycle de Krebs et la chaîne respiratoire, donnera également de l'eau, de la chaleur, du gaz carbonique et de l'ATP.

Ces deux types de "carburant" seront utilisés soit séparément, soit de façon panachée selon l'intensité et la durée de la course. Une course longue et continue à petite vitesse (endurance fondamentale) entraînera une utilisation préférentielle des graisses. Cependant l'utilisation des graisses nécessitera toujours une petite quantité adjuvante de glucose.

LE SYSTEME ENERGETIQUE ANAEROBIE

MOTS-CLES :

Anaérobie
Acide lactique
Acide pyruvique
Glycolyse

A RETENIR :

Le système énergétique anaérobie devient prépondérant au-delà d'une certaine vitesse de course correspondant au seuil anaérobie. Celui-ci s'évalue entre 85 et 90, voir 93% de la fréquence cardiaque maximale, selon le niveau de l'athlète.

NOTES

PERSONNELLES :

SYSTEME ENERGETIQUE ANAEROBIE

▶ Glucose ou Glycogène → Glycolyse → Acide Pyruvique

▶ Acide Lactique qui sera dégradé ultérieurement lorsque son épuration sera possible c'est-à-dire lorsque l'apport d'O₂ sera suffisant.

▶ Système utilisé en proportion croissante lorsque la vitesse de course augmente du seuil aérobie vers le seuil anaérobie et exclusivement au-delà.



Le système énergétique anaérobie est une filière énergétique qui fonctionne sans utiliser l'oxygène.

Le glucose est le carburant utilisé au départ du processus. Il sera ensuite dégradé par une succession de réactions chimiques au sein de la cellule musculaire. L'ensemble de ces réactions constitue la **Glycolyse** (qui ne nécessite pas l'utilisation d'oxygène même si celui-ci est disponible).

Au terme de la glycolyse, l'absence ou plutôt l'insuffisance d'apport d'oxygène va orienter la suite des réactions chimiques cellulaires vers une voie fonctionnant sans oxygène à partir d'un composé particulier : **l'acide pyruvique**. Celui-ci, en absence d'oxygène, se transforme en **acide lactique**.

Il s'agit d'une quasi- impasse chimique correspondant au stockage d'une substance (l'acide lactique) qui sera ensuite re-transformée en acide pyruvique lorsque l'oxygène redeviendra disponible.

Le problème essentiel réside dans le fait qu'il s'agit d'une substance qui altère le fonctionnement énergétique cellulaire au-dessus d'une certaine concentration du fait de son épuration insuffisante par l'organisme.

En effet, cette épuration est en partie effectuée par le foie (pour synthétiser du glycogène), par le cœur (capable de l'utiliser comme carburant) et par le rein. Cependant, au delà d'une certaine quantité produite, les mécanismes d'utilisation de l'acide lactique deviennent insuffisants et celui-ci s'accumule alors dans les cellules et le sang, nuisant considérablement au fonctionnement cellulaire, en particulier musculaire et aboutissant chez le coureur à la réduction progressive de la vitesse de course.

VUE SYNTHETIQUE DES DIFFERENTES FILIERES ENERGETIQUES

MOTS-CLES :

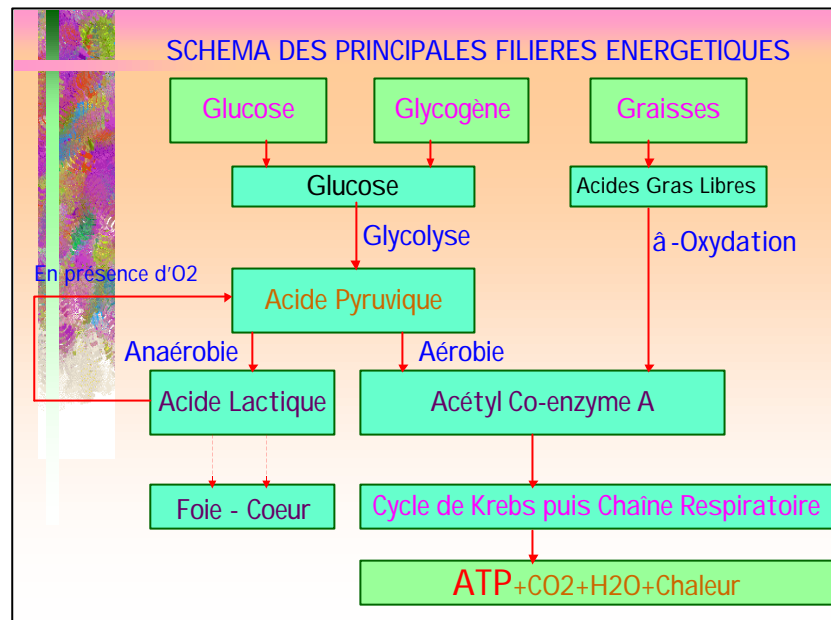
Nutriments
Acide pyruvique
AcétylCoA
Acide lactique
Cycle de Krebs
Chaîne respiratoire
ATP

A RETENIR :

L'acide pyruvique constitue le carrefour qui oriente vers la voie aérobie ou anaérobie.
L'acétylCoA est la substance commune à la voie aérobie de la dégradation énergétique du glucose et de la dégradation énergétique des acides gras libres.

NOTES

PERSONNELLES :



Ce tableau permet d'avoir une vue plus synthétique du devenir des principaux nutriments impliqués dans la production d'énergie par la cellule musculaire.

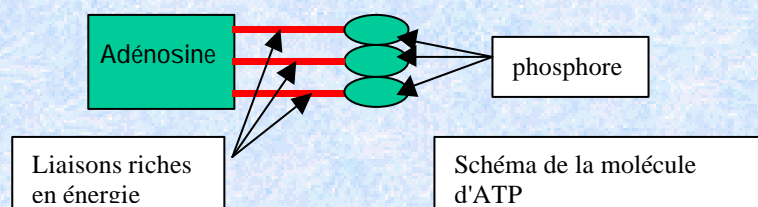
Il faut bien comprendre le rôle-clés de l'acide pyruvique et de l'acétylCoA

L'acide pyruvique est le composé à partir duquel la filière aérobie ou anaérobie est choisie en fonction de la disponibilité de l'oxygène.

L'AcétylCoA est l'aboutissement commun de la glycolyse (pour le glucose) et de la α -oxydation (pour les graisses). Cette molécule issue de l'une ou l'autre voie permettra la formation de l'ATP par la filière aérobie.

Le cycle de Krebs et la chaîne respiratoire sont deux ensembles de réactions chimiques de nature enzymatique qui permettent d'aboutir à la production d'eau, de chaleur, de gaz carbonique et d'ATP.

L'ATP est une molécule utilisée par la cellule comme une réserve d'énergie. Chaque liaison d'un phosphore à l'adénosine est riche en énergie. L'énergie sera libérée chaque fois que l'ATP perdra un phosphore, donnant de l'ADP, puis de l'AMP et enfin de l'adénosine simple.



PARAMETRES FONDAMENTAUX DE LA PERFORMANCE

PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES DE LA PERFORMANCE EN FOND

LA VO₂ MAX

LA VMA

LE SEUIL ANAEROBIE

LE SEUIL AEROBIE

PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES DE LA PERFORMANCE EN FOND

MOTS-CLES :


VO2 max
VMA
PMA
Seuil aérobie
Seuil anaérobie

A RETENIR :

Les principaux paramètres de la performance retenus ici sont la VO2 max, la VMA, la PMA, les seuils aérobie et anaérobie.

NOTES PERSONNELLES :

PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES DE LA PERFORMANCE EN FOND

- VO2 max 
- VMA 
- PMA 
- SEUIL ANAEROBIE 
- SEUIL AEROBIE 

De nombreux paramètres de la forme de l'athlète ont été étudiés depuis plusieurs décennies avec des succès divers.

Actuellement, la plupart des physiologistes s'accordent pour retenir entre autres:

- ☐ La VO2 max qui est un volume d'oxygène
- ☐ La VMA qui est une vitesses de course
- ☐ La PMA qui est la puissance développée à la Vitesse Maximale Aérobie
- ☐ Les seuils aérobie et anaérobie qui correspondent à des niveaux d'activité biochimique ou métabolique.

Il existe bien sûr d'autres paramètres qui ne seront pas évoqués ici:

- ☐ La fraction d'utilisation de la VO2max (concept d'endurance)
- ☐ L'économie de course
- ☐ Etc.

LA VO2 MAX

MOTS-CLES :

Consommation maximale d'oxygène

A RETENIR :

La VO2 max est le volume maximal d'oxygène utilisable par l'organisme par minute.

NOTES

PERSONNELLES :

VO2 max

- Au cours d'un exercice d'intensité croissante, la consommation d'O₂ augmente linéairement avec la puissance développée (vitesse) jusqu'à une valeur limite qui reste constante, même si la puissance imposée est encore accrue.
- Cette valeur limite correspondant à la consommation maximale d'O₂ possible pour le sujet, est la VO2 max (en ml/mn.kg).
- A la VO2 max correspondent la VMA et la PMA.



Au cours d'un exercice physique, mettant en jeu le système énergétique aérobie, la consommation d'oxygène par l'organisme, et en particulier par les cellules musculaires, varie de façon proportionnelle à l'intensité de cet exercice.

Cette augmentation d'oxygène trouve une **limite à une intensité d'exercice particulière**: c'est la **VO2 max** ou **consommation maximale d'oxygène**.

De fait, même si l'intensité de l'exercice est augmentée, la consommation d'oxygène reste la même.

Ceci s'explique par le fait qu'au delà d'une certaine intensité d'exercice, d'autres voies métaboliques dites anaérobies, sont mises en jeu pour produire de l'énergie. Cependant cette solution adoptée par l'organisme pour des efforts très intenses ne peut être tenue que pour une durée assez courte.

La VO2 max est donc un paramètre très important et un facteur limitant de la performance sportive.

Elle est améliorable par l'entraînement.

Elle est exprimée en litre/mn et rapportée au kg de poids corporel pour permettre de comparer la VO2 max d'individus de poids très différents.

Chez l'adulte jeune masculin de taille et de poids moyens (174 cm et 66,8 kg), la valeur de la VO2 max est d'environ 3l/mn correspondant à une puissance développée (PMA) d'environ 250 Watts.

La VO2Max en ml/mn/kg est alors de 45 ml/mn/kg.

LA VMA

MOTS-CLES :

VMA
VO2 max
Durée de maintien de la
VMA
Formule de Léger et
Mercier

A RETENIR :

**La VMA est un paramètre
clé pour le calcul des
allures d'entraînement.**

NOTES

PERSONNELLES :

VMA ou Vitesse Maximale Aérobie

- ▶ Vitesse de course atteinte lorsque la VO2 max est atteinte.
- ▶ Ce n'est pas la vitesse maximale.
- ▶ C'est une vitesse qui peut être tenue entre 4 et 8 mn selon les sujets.



La **VMA** ou **Vitesse Maximale Aérobie** correspond à la vitesse du coureur lorsqu'il atteint sa VO2 max.

Cette vitesse (VMA) peut bien sûr être dépassée tout comme la puissance développée, mais avec comme facteur limitant dans la durée de maintien, une production d'acide lactique supérieure à la capacité d'épuration de l'organisme.

La durée de maintien de la vitesse de course est d'autant plus courte que la vitesse est supérieure à la VMA.

La durée de maintien de la VMA se situe entre 6 et 10 mn, en moyenne, en raison d'une production importante d'acide lactique.

Il s'agit d'un paramètre clé pour la constitution d'un plan d'entraînement puisque toutes les allures d'entraînement seront calculées en fonction de la VMA.

Il est possible d'obtenir la VMA par des tests de terrain ou à partir de la relation de Léger et Mercier:

$$\text{VMA (en km/h)} = \text{VO2 max (en ml/mn/kg)} / 3,5.$$

LE SEUIL ANAEROBIE

MOTS-CLES :

Seuil anaérobie
Vitesse au S.A.
Accumulation lactique

A RETENIR :

La vitesse au seuil anaérobie peut s'améliorer par un entraînement bien conduit, reculant ainsi le début d'accumulation de l'acide lactique.

NOTES

PERSONNELLES :

Seuil Anaérobie

- ▶ Le Seuil Anaérobie est défini arbitrairement comme l'intensité d'exercice correspondant à une lactacidémie de 4 mmol/L.
- ▶ Ce seuil est souvent exprimé en % de VO2 max ou de VMA.
- ▶ vitesse du Semi-marathon < Seuil Anaérobie < vitesse du 10.000 m.



Le **seuil anaérobie** correspond à un **niveau d'activité biochimique** où la production d'acide lactique par les cellules musculaires devient supérieure aux capacités d'épuration de celui-ci par l'organisme.

Lors des définitions des allures de course, il serait plus juste de parler de la **vitesse au seuil anaérobie** plutôt que de "courir au seuil anaérobie".

Il s'agit d'une **valeur difficile à mettre en évidence** de façon précise par des tests de terrain simples.

En effet, sa définition se réfère à la concentration d'acide lactique par litre de sang.

Cette concentration ne peut se mesurer qu'en effectuant des prélèvements sanguins en cours d'exercice.

Par ailleurs, le seuil anaérobie et la vitesse lui correspondant n'ont **pas une valeur fixe** puisqu'ils sont **améliorables par l'entraînement**.

Un entraînement bien conduit permet d'améliorer l'efficacité des processus énergétiques aérobie et de débiter l'accumulation lactique sanguine bien plus tardivement à une vitesse plus élevée.

On considère dans un but de simplification que la **vitesse au seuil anaérobie** se situe en moyenne autour de **90% et 88% de la VMA respectivement pour l'élite masculine et féminine, de 85% pour les niveaux moyens et de 80% pour les débutants.**

LE SEUIL AEROBIE

MOTS-CLES :

Seuil aérobic
Echauffement
Récupération
Graisses

A RETENIR :

Le seuil aérobic correspond à la frontière d'utilisation des filières énergétiques aérobic pure et aérobic -anaérobic.

NOTES

PERSONNELLES :

Seuil Aérobic

- Le Seuil Aérobic correspond au moment où le lactate sanguin augmente au-dessus de sa valeur de repos soit 2 mmol/L.
- Ce seuil représente le début des interactions entre les filières énergétiques aérobic et anaérobic
- Seuil Aérobic = vitesse Marathon - 1 km/h



Le **seuil aérobic** correspond également à un niveau d'activité biochimique défini pour **une concentration d'acide lactique précise (2 millimoles)**.

Cette concentration d'acide lactique est largement inférieure aux capacités d'épuration de l'organisme et permet donc une **course très confortable et de longue durée**.

La filière énergétique utilisée est essentiellement aérobic jusqu'à la vitesse au seuil aérobic.

Ce n'est qu'une fois franchi le seuil aérobic que la filière énergétique anaérobic commence à intervenir dans la production énergétique.

C'est autour de la vitesse au seuil aérobic que les graisses sont utilisées. Leur part d'utilisation va décroître comme l'augmentation de la vitesse.

Au dessus de ce seuil, la production d'acide lactique augmente progressivement avec la vitesse de course. Cependant l'épuration de l'acide lactique reste totale sans accumulation.

Ce n'est que lorsque la vitesse de course correspond à la vitesse au seuil anaérobic que l'accumulation lactique commence.

On considère qu'au niveau du seuil aérobic, les % de VMA utilisés correspondent respectivement à 80%, 75%, 70% de la VMA de l'élite au coureur moyen et débutant.

Il s'agit d'une allure d'échauffement, de récupération et de footing léger.

LES ALLURES

LES ALLURES DE COURSE

L'ENTRAÎNEMENT A VMA

LA RESISTANCE DURE

LA RESISTANCE DOUCE

L'ENDURANCE FONDAMENTALE

RELATIONS ENTRE FILIERES ENERGETIQUES ET VITESSE DE COURSE

LES ALLURES DE COURSE

MOTS-CLES :

Allures
VMA
Résistance dure
Résistance douce
Endurance fondamentale

A RETENIR :

L'amélioration des performances est indissociable de l'utilisation d'allures de course variées mais bien définies en fonction notamment de l'aptitude du coureur et pendant une durée optimale pour chaque allure.

NOTES

PERSONNELLES :

Les Allures de Course par rapport à la Fréquence Cardiaque Maximale Théorique

- **Endurance fondamentale** = 70 à 80% de FCM en course continu ☑
- **Endurance active ou résistance douce** = 81 à 88% de FCM en intervalles longs ☑
- **Résistance dure** = 88 à 95% de FCM en intervalles courts ☑
- **Travail de VMA** = 96 à 100% de FCM en intervalles courts à très courts ☑



Les allures de course recouvrent les vitesses à utiliser à l'entraînement et en compétition. Elles correspondent à **un temps maximal de soutien** pour optimiser les résultats de l'entraînement.

Actuellement, on distingue 4 allures fondamentales:

- la **VMA** (100% de la VMA)
- la **Résistance dure** (90 à 95% de la VMA)
- la **Résistance douce** ou **Endurance active** (80 à 88% de la VMA)
- l'**Endurance fondamentale** (70 à 80% de la VMA)

La proportion d'utilisation de chaque allure au cours des cycles d'entraînement sera fonction des objectifs visés au cours de la saison, du mode de vie, de l'équilibre de vie souhaité et des aptitudes individuelles.

D'autres termes sont parfois utilisés pour caractériser ces allures ce qui peut entraîner une certaine confusion chez les pratiquants.

On peut citer à ce propos les correspondances entre certains de ces termes:
VMA = PMA

Résistance dure = Puissance aérobie = Résistance volume = Limite supérieure de Capacité Maximale Aérobie = Limite supérieure de Vitesse de non accumulation lactique

Résistance douce = Limite inférieure de Capacité Maximale Aérobie = Limite inférieure de Vitesse de non accumulation lactique = Endurance active = Limite supérieure de Capacité aérobie

Endurance fondamentale = Capacité aérobie = endurance pure = Limite supérieure de récupération active.

L'ENTRAÎNEMENT A VMA

MOTS-CLES :

VMA
VO2 max
Entraînement fractionné

A RETENIR :

L'entraînement à VMA est un entraînement par intervalles courts qui permet d'acquérir une vitesse de base plus élevée. La quantité d'entraînement à VMA ne représentera pas plus de 5% du volume hebdomadaire global d'entraînement.

NOTES PERSONNELLES :

TRAVAIL DE VMA

- C'est une allure élevée correspondant à 96 à 100% de VO2 max.
- Elle est utilisée pour le travail de la vitesse de course et représente un très faible % du volume hebdomadaire global de l'entraînement chez le marathonien de niveau moyen.
- Elle sera courue par intervalles courts à très courts (100 à 800m)



Le travail de VMA ou entraînement à Vitesse Maximale Aérobie se fait par définition à **une vitesse élevée** au cours de laquelle l'acide lactique s'accumule rapidement.

La durée possible d'une course à VMA n'excède pas en moyenne 6 à 10 mn.

Tout travail à VMA sera donc un travail par intervalles courts à très courts entre 100 et 800 m.

La durée de récupération doit être égale au temps de course et se faire à 60 - 65% de la VMA ou de la fréquence cardiaque maximale (FCM).

Le nombre de répétitions se situe entre 6 et 25 en moyenne, selon la distance choisie, la place dans la saison et le niveau du coureur. En fait, le nombre de répétitions n'est pas connu au départ et les répétitions sont interrompues lorsque le coureur décroche et ne peut plus suivre le rythme imposé. Le potentiel VMA est alors épuisé.

L'intérêt du travail à VMA est d'améliorer la vitesse de base, en particulier chez le coureur de fond. Ce travail ne doit pas excéder 5% du volume global hebdomadaire d'entraînement.

L'analyse après chaque séance est indispensable pour s'assurer que les distances ou les temps de course imposés sont bien ajustés à la valeur actuelle du coureur.

LA RESISTANCE DURE

MOTS-CLES :

Résistance dure
Intervalles courts
10 000 m


A RETENIR :

La résistance dure correspond à une allure très intense utilisée essentiellement en intervalles courts et en volume réduit par rapport au volume global d'entraînement.

NOTES

PERSONNELLES :

RESISTANCE DURE

- La résistance dure est une allure qui correspond à des efforts réalisés à intensité élevée soit 89 à 95% de la FCM.
- C'est un effort qui se situe entre le seuil anaérobie et VO2 max.
- Ce type d'effort sera couru en intervalles courts (400 à 3000m) et non en course continue.
- Elle représentera 5% du volume hebdomadaire global de l'entraînement. 

L'entraînement en résistance dure se définit comme l'utilisation d'une allure de course se situant entre **89 et 95% de la VMA ou de la FCM**.

Il s'agit d'une **allure très intense** sollicitant de façon plus importante les mécanismes anaérobies qu'aérobies d'où **une production d'acide lactique importante** mais cependant moins rapide qu'à la VMA.

Elle permet donc des efforts plus longs et correspond à la pratique d'**intervalles** compris entre **400 et 3000 m, voire 5000 m** pour les meilleurs.

Le nombre de répétitions se situe entre 1 et 12 selon la distance choisie et le niveau de l'athlète. Il sera ajusté en fonction de la fatigue du coureur. Lorsque celui-ci ne pourra plus suivre le rythme imposé alors le nombre de répétitions sera acquis.

La récupération se fera autour de 65 à 70% de la VMA selon des durées correspondant à une course de 800 m.

C'est une vitesse qui se situe entre la vitesse au seuil anaérobie et la vitesse à la VMA. **Elle peut être comparée à la vitesse soutenue lors d'un 10 000 m.**

La quantité d'entraînement en résistance dure ne dépassera pas **5% du volume global hebdomadaire d'entraînement.**

LA RESISTANCE DOUCE

MOTS-CLES :

Résistance douce
Endurance active
Capacité aérobie
Allure marathon
Allure au seuil anaérobie
VMA
FCM
Intervalles longs

A RETENIR :

Cette allure de course, beaucoup moins intense que la VMA et la résistance dure, s'utilise par intervalles longs pour 15 % du volume hebdomadaire global d'entraînement.

NOTES PERSONNELLES :

ENDURANCE ACTIVE

- L'Endurance Active ou résistance douce ou capacité aérobie correspond à des efforts réalisés à intensité moyenne soit 80 à 88% de FCM.
- Ce seront des efforts se situant entre le seuil aérobie et le seuil anaérobie.
- Elle sera courue en intervalles longs (1500 à 5000 m) et non en course continue.
- Elle représentera 15% du volume hebdomadaire global de l'entraînement.



La résistance douce ou endurance active ou capacité aérobie se définit comme une allure de course tenue entre 80 et 88% de la VMA ou de la FCM.

Les métabolismes concernés (aérobie et anaérobie) sont **peu producteurs d'acide lactique** (prépondérance de la filière aérobie) et permettent une course fractionnée par **intervalles longs de 2000 à 5000 m.**

Le nombre de répétitions se situe entre 1 et 6.

La récupération se fera à une allure lente autour de 65 à 70% de la VMA ou de la FCM.

La durée de la récupération correspond au temps mis par la fréquence cardiaque pour redescendre autour de 120 pulsations/mn ou au temps réalisé au 800 m en résistance dure.

Cette vitesse de course se situe entre l'allure marathon et l'allure au seuil anaérobie.

Cette allure de course sera utilisée pour environ 15% du volume hebdomadaire global d'entraînement.

L'ENDURANCE FONDAMENTALE

MOTS-CLES :

Endurance fondamentale
Endurance de base
Course continue

A RETENIR :

Ce type de séance devra être couru à un rythme relativement lent pour obtenir, grâce à un volume hebdomadaire global de 75 à 80%, un cœur endurant permettant des courses longues à très longues.

NOTES

PERSONNELLES :

ENDURANCE FONDAMENTALE

- L'Endurance Fondamentale ou endurance de base correspond à des efforts réalisés à faible intensité soit 70 à 80% de la FCM.
- Les apports et les besoins en oxygène sont équilibrés, correspondant au seuil aérobie.
- Elle doit représenter 80% du volume total d'entraînement d'un coureur de fond.
- Elle sera courue en course continue.



L'endurance fondamentale ou endurance de base correspond à une allure plutôt confortable permettant des **courses de longues durées**.

En effet, le métabolisme énergétique impliqué est très peu producteur d'acide lactique.

Il s'agit donc d'un **entraînement par course continue** supérieure à 1h - 1h15.

La vitesse utilisée se situe entre 70 et 80% de la VMA ou de la FCM.

Il n'y a pas de période de récupération. Tout au plus peut-on diviser la séance en 2 parties avec un léger ralentissement d'allure pendant 10 mn, mais cela n'a pas grand intérêt!

L'endurance étant la qualité fondamentale du coureur de fond et de grand fond, l'entraînement à cette allure doit représenter **l'essentiel du volume hebdomadaire global d'entraînement soit 75 à 80% de celui-ci**.

Le piège essentiel qui attend le coureur de fond est tout simplement de courir trop vite dans ce type de séance!

Alors, le volume d'entraînement en endurance devient trop faible avec un développement de l'endurance cardiaque mal réalisé ainsi qu'un risque d'épuisement physique et de stagnation voire de régression des performances.

RELATIONS ENTRE VITESSE DE COURSE ET FILIERES ENERGETIQUES

MOTS-CLES :

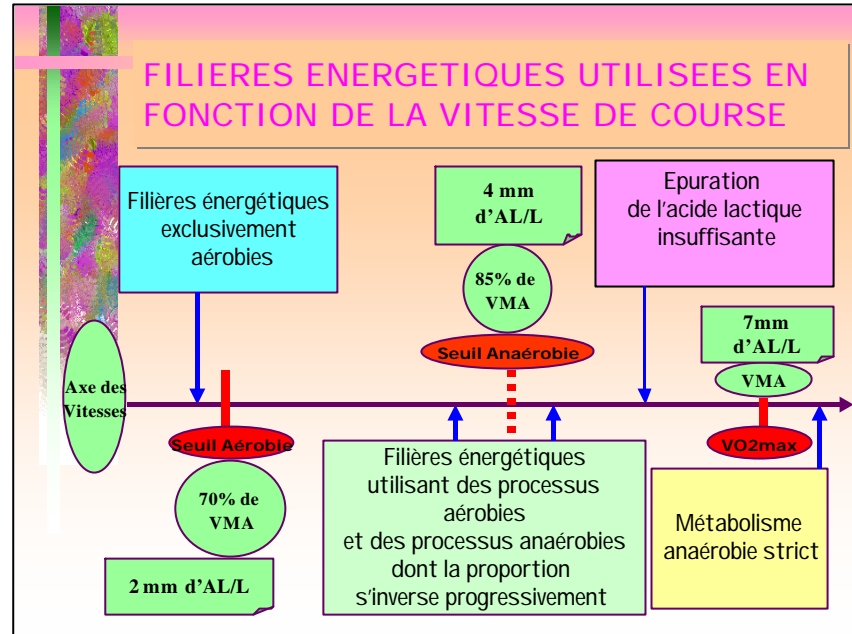
Seuil aérobie
Seuil anaérobie
VO₂ max
Acide Lactique
VMA
Filière aérobie
Filière anaérobie lactique
Filière anaérobie alactique

A RETENIR :

La zone d'entraînement la plus intéressante pour le coureur de fond est la zone de vitesse comprise entre la vitesse au seuil aérobie et la vitesse au seuil anaérobie.

NOTES

PERSONNELLES :



Ce schéma permet de faire la correspondance entre les vitesses de course, des valeurs métaboliques remarquables et l'utilisation des différentes filières productrices d'énergie.

Les pourcentages de VMA précisés sont des valeurs indicatives qui peuvent assez largement varier en fonction du niveau de l'athlète et/ou de sa progression dans sa saison.

Les valeurs indiquées de concentration d'acide lactique (AL) sont exprimées en millimoles par litre.

La zone d'entraînement la plus intéressante pour le coureur de fond est la zone de vitesse située entre les seuils aérobie et anaérobie.

En dessous du seuil aérobie, la filière énergétique utilisée produit très peu d'AL. La course peut donc durer longtemps, mais à vitesse modérée.

Entre le seuil aérobie et le seuil anaérobie, les filières énergétiques utilisées sont consommatrices ou non d'oxygène. La proportion d'utilisation de ces deux types de filières s'inverse au fur et à mesure que la vitesse se rapproche de la vitesse au seuil anaérobie, mais permet toujours une épuration suffisante de l'AL pour conserver une vitesse de course assez longtemps constante.

Au-delà de la vitesse au seuil anaérobie et jusqu'à la vitesse à VO₂ max, l'épuration lactique devient de plus en plus insuffisante avec pour conséquence une "intoxication" progressive des fibres musculaires rendant le travail métabolique de plus en plus difficile et donc la contraction musculaire moins puissante. Si la course se poursuit, la vitesse va rapidement chuter.

INTERPRETATION DES RESULTATS A PARTIR DES NOTIONS ACQUISES

Feuilles de calcul

INTERPRETATION DES RESULTATS DU CAT TEST (1)

INTERPRETATION DES RESULTATS DU CAT TEST (2)

Programme d'entraînement

Charlet Sylvain - Féchain - 1997 - version 2.1

Nom :

Prénom :

Test le :

à partir du C.A.T Test de Chanon

	distance	Temps	FC			
Palier 1	800	00:03:24	140	Vitesse 1	235,29	m/min
Palier 2	800	00:02:58	160	Vitesse 2	269,66	m/min
Palier 3	1400	00:05:11	169	VMA	270,10	m/min
					16,21	km/h

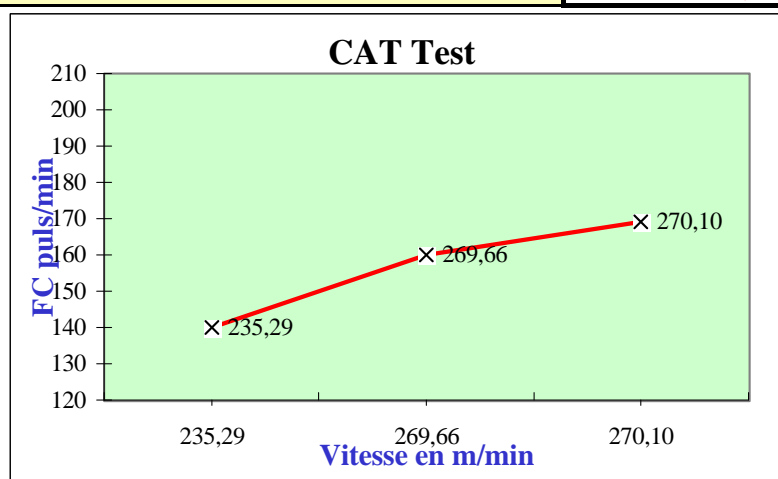
Estimation de la **VO2 max** ml/min/kg

FC max	169
Fc aérobie	93

TEST VALABLE*bon entraînement, vous pouvez poursuivre, les données sont correctes.*

% PMA Choisi :	(70 à 85 % de la VMA) en fonction de l'état de forme	82
Temps sur 1000 m en CAPACITE AEROBIE :		04:30,90

Vitesse	FC
235,29	140
269,66	160
270,10	169

**Si vous connaissez vos temps actuels sur les distances suivantes :**

exemple sur

	25 km	Marathon	
	25000	42195	m
Temps			h:min:sec
Vitesse	#DIV/0!	#DIV/0!	km/h
Seuil Anaé.	#DIV/0!	#DIV/0!	%

D'après votre test : %

choisissez le % de votre seuil anaérobie :

85 ou votre valeur

D'après les Dr Deymié-Viala- Moralès AEFA 111 -1989

SEANCES

%	vitesse km/h	vitesse m/s		séance	fréquence
100	16,21	4,50	1	VMA Vo2max-PMA	169 puls/min
85	13,77	3,83	2	seuil anaérobie	152 puls/min
80	12,96	3,60	3	entretien ou allure marathon	147 puls/min
70	11,35	3,15	4	récupération - régénération	137 puls/min
135	21,88	6,08	5	résistance PAL	
105	17,02	4,73	6	résistance CAL	

1	distance en m	durée		recupération	Volume séance
VMA vo2max PMA 100% VMA	1000	03:42,35		45" à 1'00"	4 à 6 km
	800	02:52,73			
	600	02:07,17			
	500	01:45,02			
	400	01:23,25			
	300	01:01,88			
	200	00:40,89			
	150	00:33,31			
	100	00:20,26			
Int. moyens et courts					

2	distance en m	durée		recupération	Volume séance
seuil anaérobie 85 % VMA	1000	04:21,37		2'30" à 3'00"	8 à 10 km
	1500	06:32,05			
	2000	08:42,73			
	2500	10:53,41			
	3000	13:04,10			
Int. moyens et longs					

3	Entretien ou allure marathon				
80 % VMA	distance en m	durée		Volume séance	en km
	1000	04:37,67		10	à 15
	course continue			capacité aérobie	

4	Récupération - Régénération				
70% VMA	distance en m	durée		Volume séance	en km
	1000	05:17,28		10	à 15
	course continue				

5	distance en m	durée		récupération	Volume séance	
Résistance P.A.L	150	00:24,67		complète 6' à 8' et plus	800 m à 1200 m	
	200	00:32,90				
	250	00:41,12				
	300	00:49,35				
	entraînement fractionné					

6	distance en m	durée (+ ou - 5sec) de à		récupération	Volume séance	
Résistance C.A.L	500	01:43,80	01:41,03	complète 6' à 8' et plus	2	
	600	02:04,56	02:01,24		à	
	800	02:49,24	02:46,09		5	
	1000	03:31,58	03:27,61		km	
	entraînement fractionné					

INTERPRETATION DES RESULTATS DU CAT TEST A PARTIR DES NOTIONS ACQUISES (1)

MOTS-CLES :

VMA
VO2 max
Seuil Anaérobie
Fréquence cardiaque
Capacité Aérobie
Endurance fondamentale
Travail à la VMA
Travail au Seuil Anaérobie
Allure marathon
Récupération
Régénération

A RETENIR :

A la VMA et à la VO2 max, déterminées par la réalisation du test de terrain, s'ajoutent l'estimation du % de la VMA à retenir pour le repérages chronométrique des différentes allures à utiliser à l'entraînement.

Le coureur se doit donc d'être réaliste lors du choix de ces % de VMA pour ne pas risquer de mettre en place des allures trop élevées ou trop basses. L'erreur la plus habituelle étant de se surestimer!

NOTES

PERSONNELLES :

Les résultats obtenus lors du Cat-test sont les suivants:

- ☐ Chrono et Fréquence cardiaque du 1^{er} palier.
 - ☐ Chrono et Fréquence cardiaque du 2^{ème} palier.
 - ☐ Chrono et Fréquence cardiaque maximale du 3^{ème} palier.
- (la distance courue au 3^{ème} palier sera précisée lors du remplissage de la feuille de calcul: 1000, 1500, 2000 ou 3000 m).

Ils permettent grâce à la feuille de calcul de connaître:

- ☐ La VMA et la VO2 max .
- ☐ La Fréquence Maximale (atteinte à la fin du 3^{ème} palier) et la limite inférieure de fréquence de la capacité aérobie.

En fonction de l'état de forme du moment, il est nécessaire de choisir un % de la VMA pour définir le temps au kilomètre en capacité aérobie ou endurance fondamentale.

Ce pourcentage doit permettre de calculer une vitesse réaliste en rapport avec votre forme du moment. Le temps au kilomètre trouvé doit alors être confronté avec la vitesse habituelle que vous maintenez lors de vos entraînement en endurance fondamentale. La cohérence entre valeur théorique et aisance sur le terrain permettra de revoir le % choisi de la VMA à la hausse ou à la baisse !

La courbe présentée ensuite objective le lien existant entre la vitesse aux différents paliers et l'évolution de la fréquence cardiaque.

L'évolution de la fréquence cardiaque par rapport à la vitesse montre une inflexion caractéristique (lorsque le test est bien réalisé) au moment où le seuil anaérobie est atteint. La courbe doit donc être convexe vers le haut si le test est bien réalisé.

La suite de la feuille est consacrée, à partir de l'estimation de votre seuil anaérobie en fonction de votre forme actuelle, au calcul des temps à respecter à l'entraînement aux différentes allures.

Si ceux-ci sont trop courts par rapport à vos temps habituels ou si les entraînements qui en résultent sont trop durs, il faudra revoir le % de la VMA à la baisse.

A l'inverse, il faudra augmenter le % de la VMA choisi si les entraînements sont trop faciles ou si les temps sont trop longs par rapport à vos temps habituels.

Dans les allures à retenir, il faudra surtout utiliser:

- ☐ Le travail à 100% de la VMA
- ☐ Le travail au seuil anaérobie ou légèrement en dessous
- ☐ Le travail à l'allure marathon

La récupération ou régénération est à utiliser lors de la récupération entre les courses fractionnées et/ou à la reprise de l'entraînement après surentraînement, blessure, etc.

Les résistances PAL et CAL ne concernent pas l'entraînement du marathonien.

INTERPRETATION DES RESULTATS DU CAT TEST A PARTIR DES NOTIONS ACQUISES (2)

MOTS-CLES :

Paliers
VMA
% de la VMA
Fréquence cardiaque
Capacité aérobie
Seuil Anaérobie
Cat-test
Test maximal
Certificat médical

A RETENIR :

Le Cat-test est un test de réalisation et d'interprétation difficiles qui devra être répété pour en prendre l'habitude. Il est d'autant plus "parlant" que le coureur est aguerri.

NOTES PERSONNELLES :

Le Cat-test: conseils pour une réalisation parfaite.

- ❑ Une pause inférieure ou égale à 1 minute peut être utilisée à chaque changement de palier. Elle peut, par exemple, être mise à profit pour noter chrono et fréquence à chaque palier si l'on réalise son Cat-test seul.
- ❑ Le choix de la fréquence cardiaque à utiliser lors des 2 premiers paliers est très importante et doit permettre pour le 1^{er} palier, une allure très confortable (un peu inférieure à l'allure marathon); pour le 2^{ième} palier, la fréquence choisie correspondra à 80 - 85% de la fréquence cardiaque maximale.
- ❑ L'essentiel lors de ces 2 paliers est de conserver une grande régularité de course contrôlée par la stabilité de la fréquence cardiaque.
- ❑ La difficulté dans la réussite du 3^{ième} palier réside à la fois dans le choix de la longueur de celui-ci et dans la capacité du coureur à maintenir une allure très élevée pendant toute la durée de ce palier et de pouvoir encore accélérer dans les 200 derniers mètres pour espérer atteindre la fréquence cardiaque maximale.

En pratique, le choix de la longueur du 3^{ième} palier se détermine sur la distance parcourue lors d'une course à vitesse maximale dans un temps compris entre 6 et 8 minutes. En effet, nous avons vu plus haut que la VMA est une vitesse qui ne peut être maintenue que pendant une courte durée d'environ 6 à 8 minutes, voire 10 minutes pour l'élite. De ce fait, il est important de ne pas se surestimer pour pouvoir espérer avoir des données exploitables.

Le choix des % de la VMA lors de l'interprétation des données du test se doit d'être réaliste!

Le choix des % de la VMA pour déterminer le temps au kilomètre en capacité aérobie et le temps au kilomètre au Seuil Anaérobie ainsi qu'aux différentes allures d'entraînement doit rester cohérent avec les valeurs chronométriques déjà utilisées à l'entraînement.

Ce test reste donc assez délicat dans sa réalisation et dans l'exploitation des données obtenues. Il demande à être répété et utilisé régulièrement (sans exagération quant à sa fréquence de réalisation puisqu'il s'agit d'un test "dur" - test maximal - 2 à 3 fois par an).

Il sera exploité au mieux par un coureur averti, connaissant bien ses chrono sur différentes distances et à différentes allures d'entraînement.

Pour le débutant par contre, l'interprétation des données recueillies sera réalisée sous le contrôle et les conseils d'un entraîneur du club pour éviter la mise en place d'un entraînement à risque.

Enfin, il va sans dire qu'un tel test maximal ne sera réalisé qu'après attestation médicale de non contre-indication à la pratique de la course à pied.

ANNEXES

Annexe I:

Vue schématique des filières énergétiques utilisées en fonction de la vitesse de course.

Annexe II:

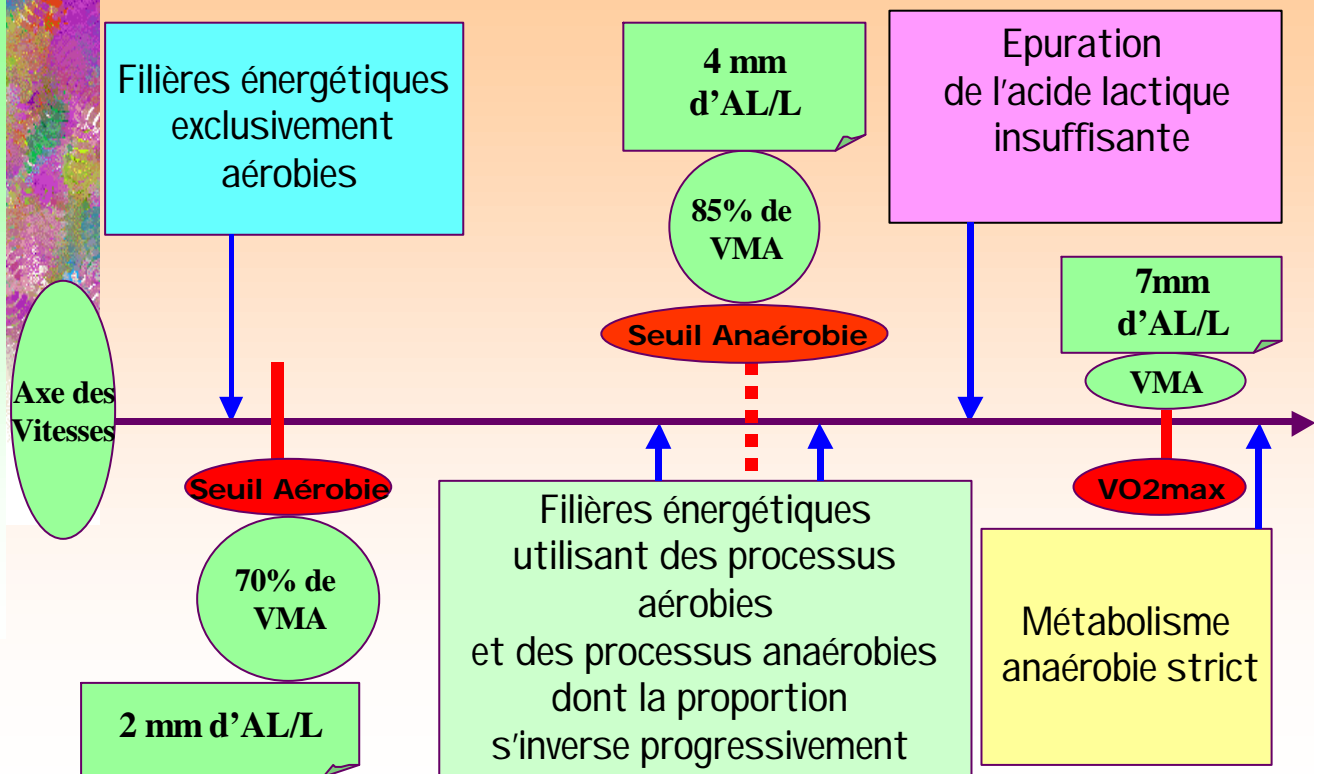
Vue schématique des processus énergétiques au sein de la cellule musculaire.

Annexe III:

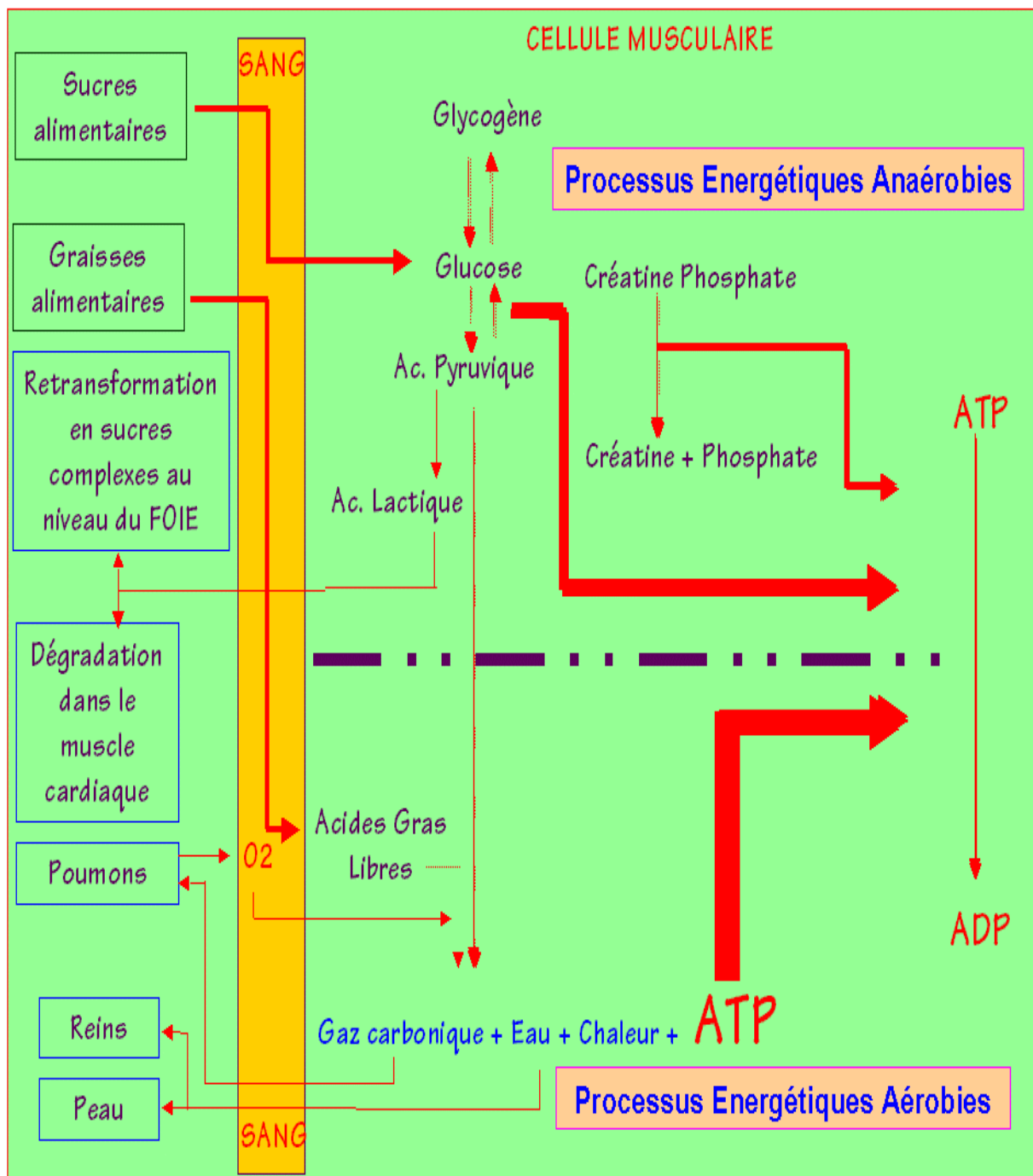
Tables de correspondance entre les % de VMA et les temps de passage à des intervalles donnés.

ANNEXE 1

FILIERES ENERGETIQUES UTILISEES EN FONCTION DE LA VITESSE DE COURSE



ANNEXE II



ANNEXE III

Table VMA 8 - 9 km/h

Table VMA 10 - 11 km/h

Table VMA 12 - 13 km/h

Table VMA 14 - 15 km/h

Table VMA 16 - 17 km/h

Table VMA 18 - 19 km/h

VMA: 8 km/h	TEMPS DE PASSAGE AUX :								
	distances (en mètres) choisies par l'entraîneur								
	50	100	200	400	600	800	1000	1500	3000
% souhaités de la VMA									
50	00:45,00	01:30,01	03:00,01	06:00,03	09:00,04	12:00,06	15:00,07	22:30,11	45:00,22
55	00:40,91	01:21,82	02:43,65	05:27,30	08:10,95	10:54,60	13:38,25	20:27,37	40:54,74
60	00:37,50	01:15,01	02:30,01	05:00,02	07:30,04	10:00,05	12:30,06	18:45,09	37:30,18
65	00:34,62	01:09,24	02:18,47	04:36,95	06:55,42	09:13,89	11:32,36	17:18,54	34:37,09
70	00:32,15	01:04,29	02:08,58	04:17,16	06:25,75	08:34,33	10:42,91	16:04,36	32:08,73
75	00:30,00	01:00,00	02:00,01	04:00,02	06:00,03	08:00,04	10:00,05	15:00,07	30:00,14
80	00:28,13	00:56,25	01:52,51	03:45,02	05:37,53	07:30,04	09:22,55	14:03,82	28:07,64
85	00:26,47	00:52,95	01:45,89	03:31,78	05:17,67	07:03,56	08:49,45	13:14,18	26:28,36
90	00:25,00	00:50,00	01:40,01	03:20,02	05:00,02	06:40,03	08:20,04	12:30,06	25:00,12
95	00:23,69	00:47,37	01:34,74	03:09,49	04:44,23	06:18,98	07:53,72	11:50,58	23:41,17
100	00:22,50	00:45,00	01:30,01	03:00,01	04:30,02	06:00,03	07:30,04	11:15,05	22:30,11
105	00:21,43	00:42,86	01:25,72	02:51,44	04:17,16	05:42,88	07:08,61	10:42,91	21:25,82
110	00:20,46	00:40,91	01:21,82	02:43,65	04:05,47	05:27,30	06:49,12	10:13,69	20:27,37

VMA: 9 km/h	TEMPS DE PASSAGE AUX :								
	distances (en mètres) choisies par l'entraîneur								
	50	100	200	400	600	800	1000	1500	3000
% souhaités de la VMA									
50	00:40,00	01:20,01	02:40,01	05:20,03	08:00,04	10:40,05	13:20,06	20:00,10	40:00,19
55	00:36,37	01:12,73	02:25,47	04:50,93	07:16,40	09:41,86	12:07,33	18:11,00	36:21,99
60	00:33,34	01:06,67	02:13,34	04:26,69	06:40,03	08:53,38	11:06,72	16:40,08	33:20,16
65	00:30,77	01:01,54	02:03,09	04:06,17	06:09,26	08:12,35	10:15,43	15:23,15	30:46,30
70	00:28,57	00:57,15	01:54,29	03:48,59	05:42,88	07:37,18	09:31,47	14:17,21	28:34,42
75	00:26,67	00:53,34	01:46,68	03:33,35	05:20,03	07:06,70	08:53,38	13:20,06	26:40,13
80	00:25,00	00:50,00	01:40,01	03:20,02	05:00,02	06:40,03	08:20,04	12:30,06	25:00,12
85	00:23,53	00:47,06	01:34,13	03:08,25	04:42,38	06:16,50	07:50,63	11:45,94	23:31,88
90	00:22,22	00:44,45	01:28,90	02:57,79	04:26,69	05:55,58	07:24,48	11:06,72	22:13,44
95	00:21,05	00:42,11	01:24,22	02:48,43	04:12,65	05:36,87	07:01,09	10:31,63	21:03,26
100	00:20,00	00:40,00	01:20,01	02:40,01	04:00,02	05:20,03	06:40,03	10:00,05	20:00,10
105	00:19,05	00:38,10	01:16,20	02:32,39	03:48,59	05:04,79	06:20,98	09:31,47	19:02,95
110	00:18,18	00:36,37	01:12,73	02:25,47	03:38,20	04:50,93	06:03,67	09:05,50	18:11,00

VMA: 10 km/h	TEMPS DE PASSAGE AUX :								
% souhaités	distances (en mètres) choisies par l'entraîneur								
de la VMA	50	100	200	400	600	800	1000	1500	3000
50	00:36,00	01:12,01	02:24,01	04:48,02	07:12,03	09:36,05	12:00,06	18:00,09	36:00,17
55	00:32,73	01:05,46	02:10,92	04:21,84	06:32,76	08:43,68	10:54,60	16:21,90	32:43,79
60	00:30,00	01:00,00	02:00,01	04:00,02	06:00,03	08:00,04	10:00,05	15:00,07	30:00,14
65	00:27,69	00:55,39	01:50,78	03:41,56	05:32,33	07:23,11	09:13,89	13:50,84	27:41,67
70	00:25,72	00:51,43	01:42,87	03:25,73	05:08,60	06:51,46	08:34,33	12:51,49	25:42,98
75	00:24,00	00:48,00	01:36,01	03:12,02	04:48,02	06:24,03	08:00,04	12:00,06	24:00,12
80	00:22,50	00:45,00	01:30,01	03:00,01	04:30,02	06:00,03	07:30,04	11:15,05	22:30,11
85	00:21,18	00:42,36	01:24,71	02:49,43	04:14,14	05:38,85	07:03,56	10:35,34	21:10,69
90	00:20,00	00:40,00	01:20,01	02:40,01	04:00,02	05:20,03	06:40,03	10:00,05	20:00,10
95	00:18,95	00:37,90	01:15,80	02:31,59	03:47,39	05:03,18	06:18,98	09:28,47	18:56,93
100	00:18,00	00:36,00	01:12,01	02:24,01	03:36,02	04:48,02	06:00,03	09:00,04	18:00,09
105	00:17,14	00:34,29	01:08,58	02:17,15	03:25,73	04:34,31	05:42,88	08:34,33	17:08,65
110	00:16,36	00:32,73	01:05,46	02:10,92	03:16,38	04:21,84	05:27,30	08:10,95	16:21,90

VMA: 11 km/h	TEMPS DE PASSAGE AUX :								
% souhaités	distances (en mètres) choisies par l'entraîneur								
de la VMA	50	100	200	400	600	800	1000	1500	3000
50	00:32,73	01:05,46	02:10,92	04:21,84	06:32,76	08:43,68	10:54,60	16:21,90	32:43,79
55	00:29,75	00:59,51	01:59,02	03:58,04	05:57,05	07:56,07	09:55,09	14:52,63	29:45,27
60	00:27,27	00:54,55	01:49,10	03:38,20	05:27,30	07:16,40	09:05,50	13:38,25	27:16,49
65	00:25,18	00:50,35	01:40,71	03:21,41	05:02,12	06:42,83	08:23,54	12:35,31	25:10,61
70	00:23,38	00:46,76	01:33,51	03:07,03	04:40,54	06:14,06	07:47,57	11:41,35	23:22,71
75	00:21,82	00:43,64	01:27,28	02:54,56	04:21,84	05:49,12	07:16,40	10:54,60	21:49,20
80	00:20,46	00:40,91	01:21,82	02:43,65	04:05,47	05:27,30	06:49,12	10:13,69	20:27,37
85	00:19,25	00:38,51	01:17,01	02:34,02	03:51,03	05:08,05	06:25,06	09:37,59	19:15,17
90	00:18,18	00:36,37	01:12,73	02:25,47	03:38,20	04:50,93	06:03,67	09:05,50	18:11,00
95	00:17,23	00:34,45	01:08,91	02:17,81	03:26,72	04:35,62	05:44,53	08:36,79	17:13,58
100	00:16,36	00:32,73	01:05,46	02:10,92	03:16,38	04:21,84	05:27,30	08:10,95	16:21,90
105	00:15,59	00:31,17	01:02,34	02:04,69	03:07,03	04:09,37	05:11,71	07:47,57	15:35,14
110	00:14,88	00:29,75	00:59,51	01:59,02	02:58,53	03:58,04	04:57,54	07:26,32	14:52,63

VMA: 12 km/h	TEMPS DE PASSAGE AUX :								
% souhaités de la VMA	distances (en mètres) choisies par l'entraîneur								
	50	100	200	400	600	800	1000	1500	3000
50	00:30,00	01:00,00	02:00,01	04:00,02	06:00,03	08:00,04	10:00,05	15:00,07	30:00,14
55	00:27,27	00:54,55	01:49,10	03:38,20	05:27,30	07:16,40	09:05,50	13:38,25	27:16,49
60	00:25,00	00:50,00	01:40,01	03:20,02	05:00,02	06:40,03	08:20,04	12:30,06	25:00,12
65	00:23,08	00:46,16	01:32,32	03:04,63	04:36,95	06:09,26	07:41,58	11:32,36	23:04,73
70	00:21,43	00:42,86	01:25,72	02:51,44	04:17,16	05:42,88	07:08,61	10:42,91	21:25,82
75	00:20,00	00:40,00	01:20,01	02:40,01	04:00,02	05:20,03	06:40,03	10:00,05	20:00,10
80	00:18,75	00:37,50	01:15,01	02:30,01	03:45,02	05:00,02	06:15,03	09:22,54	18:45,09
85	00:17,65	00:35,30	01:10,59	02:21,19	03:31,78	04:42,38	05:52,97	08:49,45	17:38,91
90	00:16,67	00:33,34	01:06,67	02:13,34	03:20,02	04:26,69	05:33,36	08:20,04	16:40,08
95	00:15,79	00:31,58	01:03,16	02:06,33	03:09,49	04:12,65	05:15,81	07:53,72	15:47,44
100	00:15,00	00:30,00	01:00,00	02:00,01	03:00,01	04:00,02	05:00,02	07:30,04	15:00,07
105	00:14,29	00:28,57	00:57,15	01:54,29	02:51,44	03:48,59	04:45,74	07:08,61	14:17,21
110	00:13,64	00:27,27	00:54,55	01:49,10	02:43,65	03:38,20	04:32,75	06:49,12	13:38,25

VMA: 13 km/h	TEMPS DE PASSAGE AUX :								
% souhaités de la VMA	distances (en mètres) choisies par l'entraîneur								
	50	100	200	400	600	800	1000	1500	3000
50	00:27,69	00:55,39	01:50,78	03:41,56	05:32,33	07:23,11	09:13,89	13:50,84	27:41,67
55	00:25,18	00:50,35	01:40,71	03:21,41	05:02,12	06:42,83	08:23,54	12:35,31	25:10,61
60	00:23,08	00:46,16	01:32,32	03:04,63	04:36,95	06:09,26	07:41,58	11:32,36	23:04,73
65	00:21,30	00:42,61	01:25,21	02:50,43	04:15,64	05:40,86	07:06,07	10:39,10	21:18,21
70	00:19,78	00:39,56	01:19,13	02:38,25	03:57,38	05:16,51	06:35,64	09:53,45	19:46,91
75	00:18,46	00:36,93	01:13,85	02:27,70	03:41,56	04:55,41	06:09,26	09:13,89	18:27,78
80	00:17,31	00:34,62	01:09,24	02:18,47	03:27,71	04:36,95	05:46,18	08:39,27	17:18,54
85	00:16,29	00:32,58	01:05,16	02:10,33	03:15,49	04:20,65	05:25,82	08:08,73	16:17,45
90	00:15,39	00:30,77	01:01,54	02:03,09	03:04,63	04:06,17	05:07,72	07:41,58	15:23,15
95	00:14,58	00:29,15	00:58,30	01:56,61	02:54,91	03:53,22	04:51,52	07:17,28	14:34,56
100	00:13,85	00:27,69	00:55,39	01:50,78	02:46,17	03:41,56	04:36,95	06:55,42	13:50,84
105	00:13,19	00:26,38	00:52,75	01:45,50	02:38,25	03:31,01	04:23,76	06:35,64	13:11,27
110	00:12,59	00:25,18	00:50,35	01:40,71	02:31,06	03:21,41	04:11,77	06:17,65	12:35,31

VMA: 14 km/h	TEMPS DE PASSAGE AUX :								
	distances (en mètres) choisies par l'entraîneur								
	50	100	200	400	600	800	1000	1500	3000
% souhaités de la VMA									
50	00:25,72	00:51,43	01:42,87	03:25,73	05:08,60	06:51,46	08:34,33	12:51,49	25:42,98
55	00:23,38	00:46,76	01:33,51	03:07,03	04:40,54	06:14,06	07:47,57	11:41,35	23:22,71
60	00:21,43	00:42,86	01:25,72	02:51,44	04:17,16	05:42,88	07:08,61	10:42,91	21:25,82
65	00:19,78	00:39,56	01:19,13	02:38,25	03:57,38	05:16,51	06:35,64	09:53,45	19:46,91
70	00:18,37	00:36,74	01:13,48	02:26,95	03:40,43	04:53,90	06:07,38	09:11,06	18:22,13
75	00:17,14	00:34,29	01:08,58	02:17,15	03:25,73	04:34,31	05:42,88	08:34,33	17:08,65
80	00:16,07	00:32,15	01:04,29	02:08,58	03:12,87	04:17,16	05:21,45	08:02,18	16:04,36
85	00:15,13	00:30,25	01:00,51	02:01,02	03:01,53	04:02,04	05:02,55	07:33,82	15:07,64
90	00:14,29	00:28,57	00:57,15	01:54,29	02:51,44	03:48,59	04:45,74	07:08,61	14:17,21
95	00:13,53	00:27,07	00:54,14	01:48,28	02:42,42	03:36,56	04:30,70	06:46,05	13:32,10
100	00:12,86	00:25,72	00:51,43	01:42,87	02:34,30	03:25,73	04:17,16	06:25,75	12:51,49
105	00:12,25	00:24,49	00:48,98	01:37,97	02:26,95	03:15,93	04:04,92	06:07,38	12:14,75
110	00:11,69	00:23,38	00:46,76	01:33,51	02:20,27	03:07,03	03:53,78	05:50,68	11:41,35

VMA: 15 km/h	TEMPS DE PASSAGE AUX :								
	distances (en mètres) choisies par l'entraîneur								
	50	100	200	400	600	800	1000	1500	3000
% souhaités de la VMA									
50	00:24,00	00:48,00	01:36,01	03:12,02	04:48,02	06:24,03	08:00,04	12:00,06	24:00,12
55	00:21,82	00:43,64	01:27,28	02:54,56	04:21,84	05:49,12	07:16,40	10:54,60	21:49,20
60	00:20,00	00:40,00	01:20,01	02:40,01	04:00,02	05:20,03	06:40,03	10:00,05	20:00,10
65	00:18,46	00:36,93	01:13,85	02:27,70	03:41,56	04:55,41	06:09,26	09:13,89	18:27,78
70	00:17,14	00:34,29	01:08,58	02:17,15	03:25,73	04:34,31	05:42,88	08:34,33	17:08,65
75	00:16,00	00:32,00	01:04,01	02:08,01	03:12,02	04:16,02	05:20,03	08:00,04	16:00,08
80	00:15,00	00:30,00	01:00,00	02:00,01	03:00,01	04:00,02	05:00,02	07:30,04	15:00,07
85	00:14,12	00:28,24	00:56,48	01:52,95	02:49,43	03:45,90	04:42,38	07:03,56	14:07,13
90	00:13,33	00:26,67	00:53,34	01:46,68	02:40,01	03:33,35	04:26,69	06:40,03	13:20,06
95	00:12,63	00:25,27	00:50,53	01:41,06	02:31,59	03:22,12	04:12,65	06:18,98	12:37,96
100	00:12,00	00:24,00	00:48,00	01:36,01	02:24,01	03:12,02	04:00,02	06:00,03	12:00,06
105	00:11,43	00:22,86	00:45,72	01:31,44	02:17,15	03:02,87	03:48,59	05:42,88	11:25,77
110	00:10,91	00:21,82	00:43,64	01:27,28	02:10,92	02:54,56	03:38,20	05:27,30	10:54,60

VMA: 16 km/h	TEMPS DE PASSAGE AUX :								
	distances (en mètres) choisies par l'entraîneur								
	50	100	200	400	600	800	1000	1500	3000
% souhaités de la VMA									
50	00:22,50	00:45,00	01:30,01	03:00,01	04:30,02	06:00,03	07:30,04	11:15,05	22:30,11
55	00:20,46	00:40,91	01:21,82	02:43,65	04:05,47	05:27,30	06:49,12	10:13,69	20:27,37
60	00:18,75	00:37,50	01:15,01	02:30,01	03:45,02	05:00,02	06:15,03	09:22,54	18:45,09
65	00:17,31	00:34,62	01:09,24	02:18,47	03:27,71	04:36,95	05:46,18	08:39,27	17:18,54
70	00:16,07	00:32,15	01:04,29	02:08,58	03:12,87	04:17,16	05:21,45	08:02,18	16:04,36
75	00:15,00	00:30,00	01:00,00	02:00,01	03:00,01	04:00,02	05:00,02	07:30,04	15:00,07
80	00:14,06	00:28,13	00:56,25	01:52,51	02:48,76	03:45,02	04:41,27	07:01,91	14:03,82
85	00:13,24	00:26,47	00:52,95	01:45,89	02:38,84	03:31,78	04:24,73	06:37,09	13:14,18
90	00:12,50	00:25,00	00:50,00	01:40,01	02:30,01	03:20,02	04:10,02	06:15,03	12:30,06
95	00:11,84	00:23,69	00:47,37	01:34,74	02:22,12	03:09,49	03:56,86	05:55,29	11:50,58
100	00:11,25	00:22,50	00:45,00	01:30,01	02:15,01	03:00,01	03:45,02	05:37,53	11:15,05
105	00:10,72	00:21,43	00:42,86	01:25,72	02:08,58	02:51,44	03:34,30	05:21,45	10:42,91
110	00:10,23	00:20,46	00:40,91	01:21,82	02:02,74	02:43,65	03:24,56	05:06,84	10:13,69

VMA: 17 km/h	TEMPS DE PASSAGE AUX :								
	distances (en mètres) choisies par l'entraîneur								
	50	100	200	400	600	800	1000	1500	3000
% souhaités de la VMA									
50	00:21,18	00:42,36	01:24,71	02:49,43	04:14,14	05:38,85	07:03,56	10:35,34	21:10,69
55	00:19,25	00:38,51	01:17,01	02:34,02	03:51,03	05:08,05	06:25,06	09:37,59	19:15,17
60	00:17,65	00:35,30	01:10,59	02:21,19	03:31,78	04:42,38	05:52,97	08:49,45	17:38,91
65	00:16,29	00:32,58	01:05,16	02:10,33	03:15,49	04:20,65	05:25,82	08:08,73	16:17,45
70	00:15,13	00:30,25	01:00,51	02:01,02	03:01,53	04:02,04	05:02,55	07:33,82	15:07,64
75	00:14,12	00:28,24	00:56,48	01:52,95	02:49,43	03:45,90	04:42,38	07:03,56	14:07,13
80	00:13,24	00:26,47	00:52,95	01:45,89	02:38,84	03:31,78	04:24,73	06:37,09	13:14,18
85	00:12,46	00:24,92	00:49,83	01:39,66	02:29,49	03:19,32	04:09,15	06:13,73	12:27,46
90	00:11,77	00:23,53	00:47,06	01:34,13	02:21,19	03:08,25	03:55,31	05:52,97	11:45,94
95	00:11,15	00:22,29	00:44,59	01:29,17	02:13,76	02:58,34	03:42,93	05:34,39	11:08,78
100	00:10,59	00:21,18	00:42,36	01:24,71	02:07,07	02:49,43	03:31,78	05:17,67	10:35,34
105	00:10,08	00:20,17	00:40,34	01:20,68	02:01,02	02:41,36	03:21,70	05:02,55	10:05,09
110	00:09,63	00:19,25	00:38,51	01:17,01	01:55,52	02:34,02	03:12,53	04:48,79	09:37,59

VMA: 18 km/h	TEMPS DE PASSAGE AUX :								
% souhaités de la VMA	distances (en mètres) choisies par l'entraîneur								
	50	100	200	400	600	800	1000	1500	3000
50	00:20,00	00:40,00	01:20,01	02:40,01	04:00,02	05:20,03	06:40,03	10:00,05	20:00,10
55	00:18,18	00:36,37	01:12,73	02:25,47	03:38,20	04:50,93	06:03,67	09:05,50	18:11,00
60	00:16,67	00:33,34	01:06,67	02:13,34	03:20,02	04:26,69	05:33,36	08:20,04	16:40,08
65	00:15,39	00:30,77	01:01,54	02:03,09	03:04,63	04:06,17	05:07,72	07:41,58	15:23,15
70	00:14,29	00:28,57	00:57,15	01:54,29	02:51,44	03:48,59	04:45,74	07:08,61	14:17,21
75	00:13,33	00:26,67	00:53,34	01:46,68	02:40,01	03:33,35	04:26,69	06:40,03	13:20,06
80	00:12,50	00:25,00	00:50,00	01:40,01	02:30,01	03:20,02	04:10,02	06:15,03	12:30,06
85	00:11,77	00:23,53	00:47,06	01:34,13	02:21,19	03:08,25	03:55,31	05:52,97	11:45,94
90	00:11,11	00:22,22	00:44,45	01:28,90	02:13,34	02:57,79	03:42,24	05:33,36	11:06,72
95	00:10,53	00:21,05	00:42,11	01:24,22	02:06,33	02:48,43	03:30,54	05:15,81	10:31,63
100	00:10,00	00:20,00	00:40,00	01:20,01	02:00,01	02:40,01	03:20,02	05:00,02	10:00,05
105	00:09,52	00:19,05	00:38,10	01:16,20	01:54,29	02:32,39	03:10,49	04:45,74	09:31,47
110	00:09,09	00:18,18	00:36,37	01:12,73	01:49,10	02:25,47	03:01,83	04:32,75	09:05,50

VMA: 19 km/h	TEMPS DE PASSAGE AUX :								
% souhaités de la VMA	distances (en mètres) choisies par l'entraîneur								
	50	100	200	400	600	800	1000	1500	3000
50	00:18,95	00:37,90	01:15,80	02:31,59	03:47,39	05:03,18	06:18,98	09:28,47	18:56,93
55	00:17,23	00:34,45	01:08,91	02:17,81	03:26,72	04:35,62	05:44,53	08:36,79	17:13,58
60	00:15,79	00:31,58	01:03,16	02:06,33	03:09,49	04:12,65	05:15,81	07:53,72	15:47,44
65	00:14,58	00:29,15	00:58,30	01:56,61	02:54,91	03:53,22	04:51,52	07:17,28	14:34,56
70	00:13,53	00:27,07	00:54,14	01:48,28	02:42,42	03:36,56	04:30,70	06:46,05	13:32,10
75	00:12,63	00:25,27	00:50,53	01:41,06	02:31,59	03:22,12	04:12,65	06:18,98	12:37,96
80	00:11,84	00:23,69	00:47,37	01:34,74	02:22,12	03:09,49	03:56,86	05:55,29	11:50,58
85	00:11,15	00:22,29	00:44,59	01:29,17	02:13,76	02:58,34	03:42,93	05:34,39	11:08,78
90	00:10,53	00:21,05	00:42,11	01:24,22	02:06,33	02:48,43	03:30,54	05:15,81	10:31,63
95	00:09,97	00:19,95	00:39,89	01:19,78	01:59,68	02:39,57	03:19,46	04:59,19	09:58,39
100	00:09,47	00:18,95	00:37,90	01:15,80	01:53,69	02:31,59	03:09,49	04:44,23	09:28,47
105	00:09,02	00:18,05	00:36,09	01:12,19	01:48,28	02:24,37	03:00,47	04:30,70	09:01,40
110	00:08,61	00:17,23	00:34,45	01:08,91	01:43,36	02:17,81	02:52,26	04:18,39	08:36,79

INDEX

A

Accumulation lactique, 25

AcétylCoA, 14, 18, 20
Acides aminés, 12, 15
Acides gras libres, 10, 14, 17, 18, 41
Acide lactique, 9, 17, 19, 20, 24, 25, 26, 31, 33, 40, 41
Acide pyruvique, 18, 19, 20, 41
Aérobie, 18, 23
Allures, 9, 28
Allure marathon, 31, 37
Allure au seuil anaérobie, 31
Anaérobie, 19, 23
ATP, 17, 18, 20, 41

â

â-Oxydation, 14, 18, 20

C

Cardiofréquencemètre, 6
Capacité aérobie, 28, 37, 38
Cat-test, 8, 9, 10, 38
Certificat médical d'aptitude, 38
Chaîne respiratoire, 18, 20
Cœur, 4
Contraction cardiaque, 4
Consommation maximale d'O₂, 23
Course continue, 10, 32
Cycle de Krebs, 18, 20
Diastole, 4
Durée de maintien de la VMA, 24
Echauffement, 26

E

Endurance, 4

Endurance active, 31
Endurance de base, 32
Endurance fondamentale, 28, 32, 37
Entraînement fractionné, 29
Enzyme, 15

F

Filiaire aérobie, 33, 40

Filiaire anaérobie alactique, 33
Filiaire aérobie lactique, 33, 40
Formule de Léger et Mercier, 24
Fréquence cardiaque, 4, 6, 37, 38
Fréquence cardiaque maximale, 5, 8, 29, 30, 31, 32

G

Glucides, 12, 13

Glucose, 12, 13, 18, 41
Glycogène, 12, 13, 18, 19, 41
Glycolyse, 17, 18, 19
Graisses, 12, 14, 18, 26, 41

H

Hydrates de carbone, 13

I

Intervalles courts, 29
Intervalles longs, 30

N

Nutriments, 12, 20

P

Palier, 38
Phosphocréatine, 17
PMA, 22, 28
Pourcentage de VMA, 38
Protéines, 15
Protides, 12, 15

R

Récupération, 29, 30, 31, 32, 37

Régénération, 37
Résistance douce, 28, 31
Résistance dure, 28, 30

S

Seuil aérobie, 9, 10, 22, 26, 33, 40
Seuil anaérobie, 9, 10, 22, 25, 33, 37, 38, 40
Système Glycolytique, 17
Système oxydatif, 17
Systole, 4

T

Test de terrain, 9

Test maximal, 8, 38
Travail au seuil anaérobie, 37
Travail à la VMA, 37
Travail en endurance, 4

V

Vitesse au seuil anaérobie, 25, 26, 30, 33

VMA, 9, 10, 17, 22, 24, 29, 30, 31, 33, 37, 38, 40
VO₂max, 9, 10, 17, 22, 23, 33, 37, 40
Volume de remplissage, 4

BIBLIOGRAPHIE

1. **Physiologie du sport et de l'exercice physique.** Wilmore- Costill. Editions DeBoeck Université. 1998.
2. **Physiologie appliquée à la médecine.** Samson Wright. Editions Flammarion Médecine-Sciences. 1972.
3. **Biochimie.** Lehninger. Editions Flammarion Médecine-Sciences 1973.
4. **Entraîneur courses sur route niveau 1** - FFA 1998.
5. **Course de fond et Performance.** Véronique Billat. Collection des monographies a.p.s Recherche et Développement. Editions Chiron.
6. **Biologie du sport.** Jürgen Weineck. Collection sport + enseignement. Editions Vigot.1998.
7. **Le Marathon.** Fr.Péronnet. deuxième édition. Décarie Editeur, Montréal - Editions Vigot, Paris.1991.
8. **Guide nutritionnel des sports d'endurance.** Denis Riché. deuxième édition. Editions Vigot.1998.
9. **Le guide du cardiofréquencemètre.** Sally Edwards. Editions Orec.
10. **Manuel de l'éducateur sportif.** Edgar Thill/Raymond Thomas/José Caja. préparation au brevet d'état. dixième édition. Collection sport + enseignement. Editions Vigot.1999.
11. **La chimie de la vie.** Steven Rose. Editions Gauthier-Villars.1971.
12. **Pathologie du jogging.** David M.Brody. ClinicalSymposia. Ciba-Geigy.1985.
13. **Manuel d'entraînement.** Jürgen Weineck. Quatrième édition. Collection sport + enseignement. Editions Vigot. 1999.
14. **Médecine du sport.** W.Heipertz/D.Böhmer/Ch.Heipertz-Hengst. Abrégé à l'usage des médecins, enseignants, entraîneurs, étudiants et sportifs. Editions Vigot. 1990.
15. **VO2 max et performance.** Pierre Harichaux et Jean Medelli. Collection a.p.s. Editions Chiron. 1996.
16. **Diététique sportive. A.-F. Creff - L. Bérard.** Quatrième édition. Collection de monographies de médecine du sport. Editions Masson. 1987.
17. **Course à pied.** R. L. Brown - J. Henderson. Programmes d'entraînement - 60 exercices et programmes. Editions Vigot. 1996.