

Introduction

Le joueur de tennis ou le lutteur réalise une multitude d'actions individuelles ou combinées que l'on peut résumer comme suit : il court, il frappe, il plaque, il pousse, il immobilise. L'ensemble de ces gestes mobilise l'organisme dans sa totalité et de façon différenciée.

Dans chaque pratique physique, l'athlète accomplit une performance motrice ou sportive. Il réalise celle-ci en utilisant, d'une part, de l'énergie pour créer la force nécessaire à la mise en mouvement du corps, d'autre part, des informations pour produire un travail en cohérence avec son environnement.

Ces deux éléments (l'énergie et les informations) sont des ressources pour l'organisme du sportif, mais d'autres facteurs interviennent aussi :

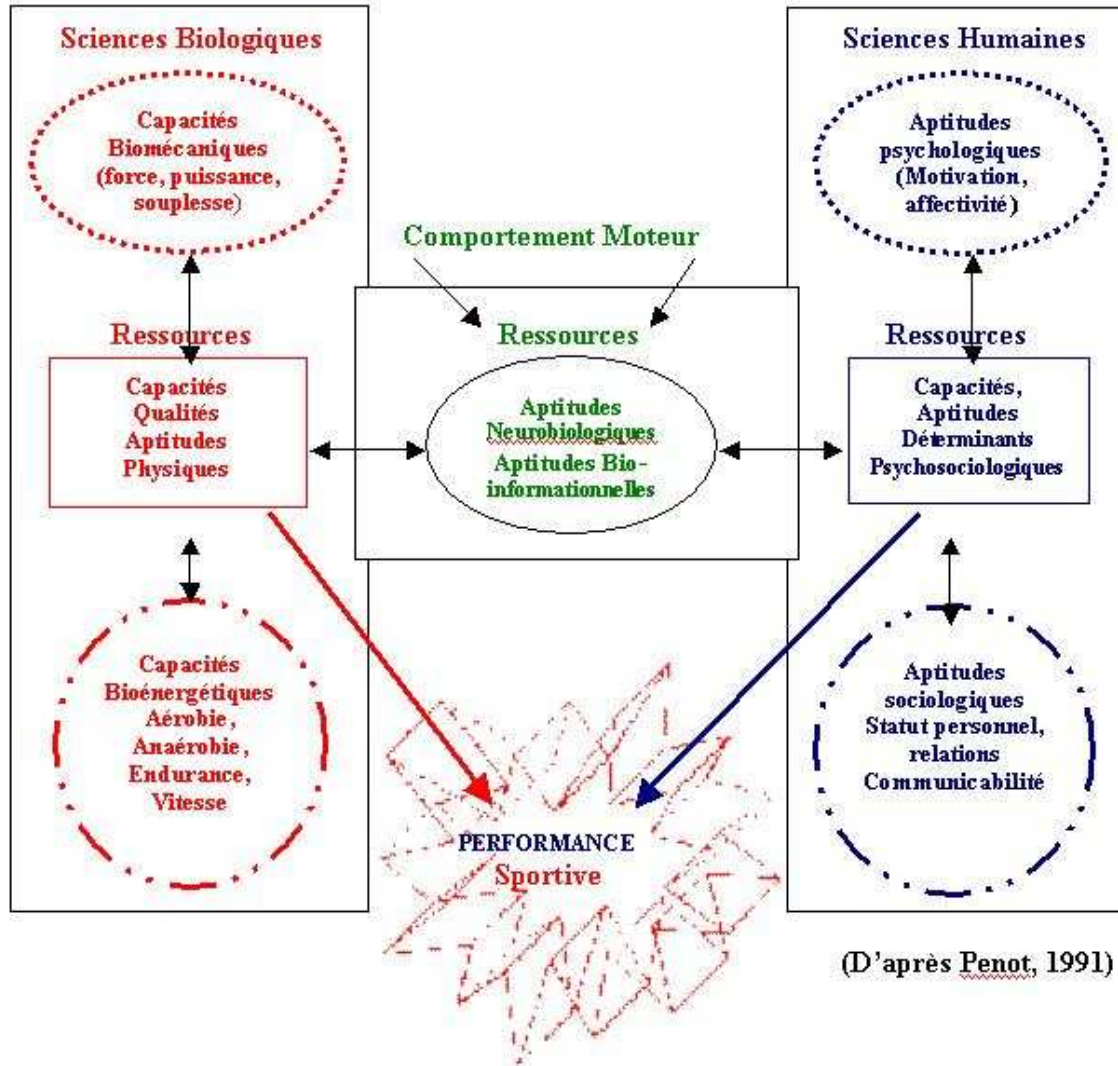
Il faut différencier :

Les différentes qualités de l'athlète

- **Les qualités Morphologiques** : Taille, poids, largeur des épaules, du bassin, des segments, etc
- **Les qualités Biologiques** : la capacité vitale, le% de graisse, la consommation maximale d'oxygène, la répartition des fibres musculaires.
- **Les qualités Physiques : deux groupes répertoriés**
 - **Les qualités conditionnelles** qui font appel à, la fourniture, la mise en jeu et la resynthèse de l'énergie musculaire nécessaire au fonctionnement de l'organisme (les potentiels aérobie et anaérobie)
 - **Les qualités Neuromusculaires de coordination** qui font appel à la coordination, au guidage et à la régulation des gestes (force, souplesse, adresse, habileté motrice).
- **Les qualités technico- tactiques** en rapport avec la culture de la discipline pratiquée.
- **Les qualités morales et psychologiques** : elles sont les éléments indivisibles de la performance car situées dans la tête des pratiquants. La personnalité, le niveau de connaissances générales, la motivation, la volonté, la résistance au stress, l'acceptation de la douleur, le désir de réussite.
- **L'entraînement** : les différents principes d'entraînement, les objectifs, les tests, la planification à court et long terme.
- **Les facteurs favorisant la performance** : l'alimentation, la fatigue, les conditions matérielles, l'échauffement, le suivi médical, l'insertion sociale.
- **L'environnement** : Le cadre de vie, les conditions de vie, le niveau de connaissance scientifique de l'entraîneur, le contexte de prestation (altitude, niveau de la mer, importance médiatique)
- **La gestion** : c'est l'organisation par l'entraîneur de toutes les composantes de la performance, dans leurs inter-relations et en harmonie. Ce travail repose sur une analyse globale de l'entraîneur dans une relation privilégiée avec l'athlète, c'est la relation entraîneur- entraîné.

La performance du sportif est donc le produit d'une multitude de facteurs.

Les Modèles de la Performance



Bio-informatiounnel (Le système Nerveux - La fonction de Régulation)

BioMécanique (La fonction Motrice-Le système Osseux -Le système Musculaire- Le système Articulatoire)

Bio-Energétique (La fonction Circulatoire -La fonction Respiratoire- La fonction Digestive - La Fonction d'Excrétion)

Au départ le flux biologique de l'énergie

L'approche physiologique permet de connaître, dans ces situations par quels mécanismes l'organisme s'adapte à l'effort et fournit l'énergie nécessaire à sa réalisation ; elle donne les moyens d'entretenir ou d'améliorer les qualités requises pour pratiquer une activité donnée. Elle permet de savoir comment l'organisme transfère l'énergie chimique contenue dans la nourriture en énergie mécanique et en énergie thermique

Toute l'énergie qui existe dans la biosphère provient du soleil, elle nous parvient sous forme de lumière (Energie lumineuse). Les millions de plantes vertes de notre planète transforment une partie de cette énergie en énergie chimique. Celle-ci est utilisée par les plantes vertes pour construire les molécules organiques (glucides, lipides, protéines) à partir du bioxyde de carbone (CO₂), de l'eau (H₂O) et de l'azote (N₂). Ce processus s'appelle « la photosynthèse ». L'homme se nourrissant de plantes et d'animaux pour subvenir à ses besoins alimentaires, dépend donc directement des plantes et par le fait même du soleil pour assurer son énergie.

Nous savons maintenant que les mouvements s'effectuent grâce à la transformation de l'énergie chimique des **aliments** qui deviennent des **nutriments** puis des **substrats alimentaires** et produisent de l'énergie mécanique.

Cette transformation est intra-musculaire.

Le sang : lieu de transport et d'échanges

Le corps humain contient **plusieurs milliards de cellules** de divers types. Cinquante millions de ces unités meurent à chaque seconde, mais elles sont remplacées constamment.

C'est par le sang canalisé dans les vaisseaux sanguins(veines et artères) et propulsé par la pompe cardiaque que les cellules musculaires viennent prendre l'**oxygène** nécessaire à la vie au niveau des **alvéoles pulmonaires**, viennent prendre les aliments et l'eau au niveau du tube digestif. Ensuite c'est encore par le sang qui traverse tous les organes et tous les systèmes que se font les échanges et l'élimination des déchets.

Pour Essayer de comprendre

Lorsque l'on fait n'importe quel effort (nager, courir, jardiner,) on constate que la respiration et le cœur s'accélèrent. Ces adaptations ne sont que la conséquence de l'élévation des besoins en énergie des muscles sollicités par l'exercice. En grande majorité cette énergie provient d'une **combustion** qui a lieu dans le muscle. Comme dans toutes combustions, ces **carburants** ne pourront brûler longtemps sans l'apport de l'oxygène (O₂), l'oxygène devient alors le **comburant** de la combustion. Selon l'intensité et la durée de l'exercice, la combustion pourra utiliser différents « carburants » que l'on trouve soit :

- Dans le muscle
- Transportés par le sang

1. *Pour les longs exercices de faible intensité, le carburant est constitué d'un petit % de glucides et d'un grand % de lipides qui en constitue pratiquement*

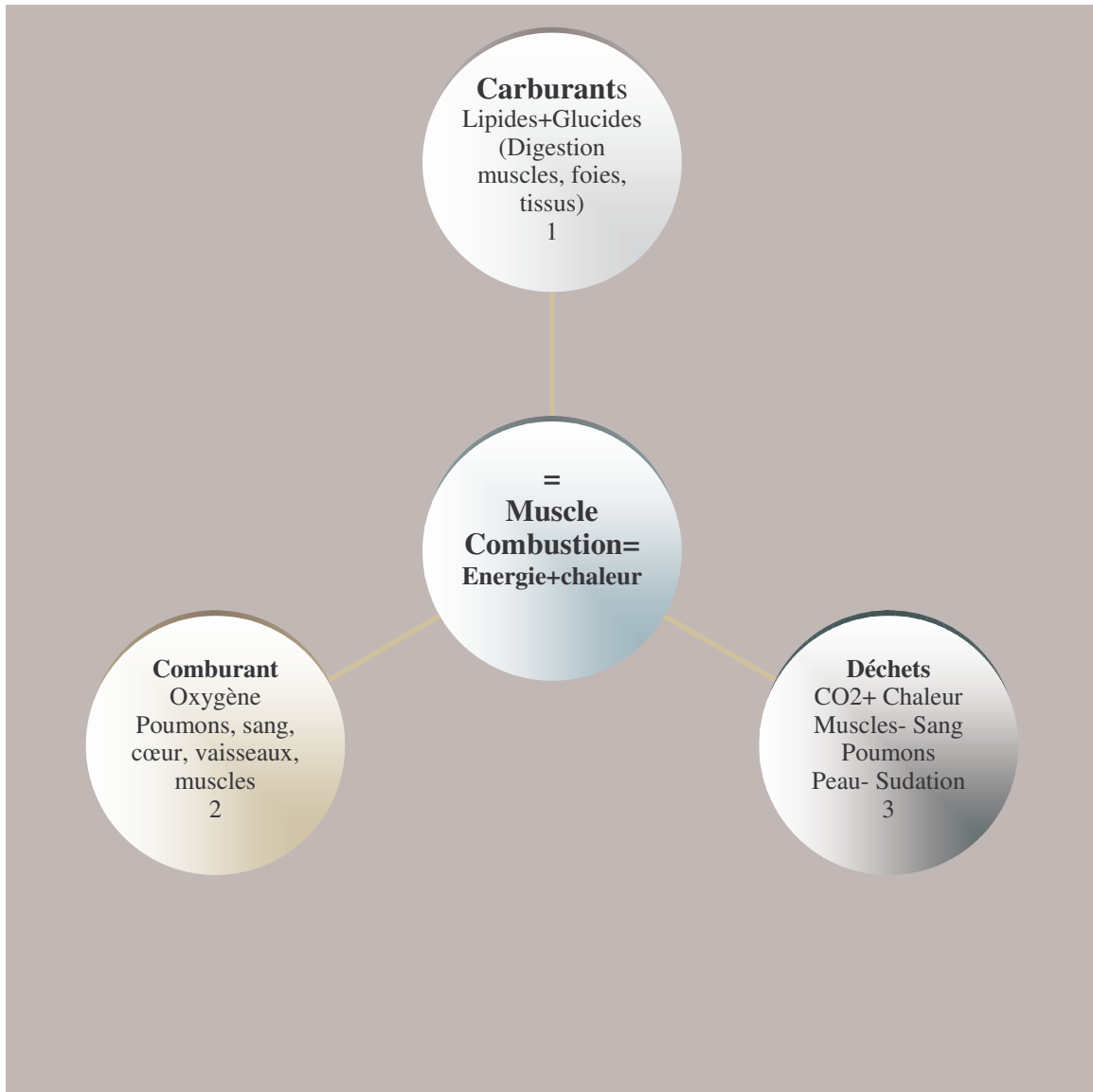


l'essentiel.

2. *Lorsque la vitesse et l'intensité augmentent d'une manière progressive le pourcentage de lipides diminue et le pourcentage de glucides augmente.*



TRAVAIL MUSCULAIRE



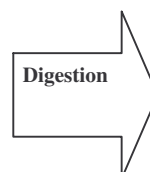
3. Lorsque l'on fait de la vitesse longue mais à intensité maximum c'est en consommant uniquement les glucides et surtout le glycogène que l'on va tenir dans cette voie.

4. Pour réaliser des séances où la vitesse est au maximum mais durant seulement quelques secondes c'est dans le muscle que l'on va trouver le carburant appelé la



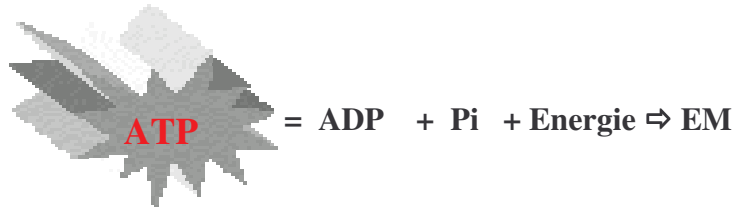
Créatine Phosphate.

Manger pour produire de l'énergie



Les **aliments** que nous ingérons ne sont pas directement utilisables au niveau cellulaire. Ils sont principalement composés de **carbone(C)**, **d'hydrogène (H)** et **d'oxygène (O2)**. Un des buts de la digestion est de casser les molécules complexes afin de les rendre plus assimilables à l'organisme (sous **forme de substrats**) et d'utiliser l'énergie en la stockant dans une molécule dont le nom est **l'adénosine triphosphate (ATP)**.

L'**ATP** est une molécule composée d'**adénine**, de **ribose** qui sont rattachés à 3 groupes phosphates. Cette **ATP est présente dans la fibre musculaire**. Pour simplifier on peut dire qu'une énergie est libérée quand le dernier phosphate se détache de la molécule d'ATP



ADP = Adénosine di-phosphate/ **Pi** = phosphate/ **EM**= Energie musculaire

Ce substrat (l'**ATP**) est présent en toute petite quantité dans le muscle. Il ne peut maintenir une **contraction musculaire plus de 3 secondes**. L'**ATP** est le seul substrat que la fibre musculaire peut utiliser pour fonctionner.

Il est donc nécessaire que d'autres sources d'énergie permettent la resynthèse permanente de **l'ATP** pour un travail musculaire continu.

Les cellules synthétisent l'ATP par 3 processus :

La voie Anaérobie qui ne fait pas intervenir l'O2

1) Le système ATP-CP

L'**ATP** est renouvelé grâce à l'énergie fournie par la réserve cellulaire de CP. C'est un processus anaérobie *alactique*

2) Le système glycolytique

C'est un nutriment énergétique, le **glucose** (apporté par la digestion des aliments) qui produit l'énergie nécessaire à la resynthèse de l'**ATP**. C'est un processus *anaérobie lactique*

La voie Aérobie qui fait intervenir l'O2

3) Le système oxydatif

Ce système fait appel à l'oxydation des nutriments (glucides, lipides, protéines) en présence de l'O2 pour la production d'énergie nécessaire à la resynthèse de l'**ATP**. C'est un processus *aérobie*

1) Le système ATP-CP (Créatine-Phosphate)

C'est le système le plus simple et le plus rapide pour renouveler l'**ATP** à partir d'un *composé énergétique présent dans les cellules*, c'est un processus **Anérobie Alactique**. Cette molécule est appelée la **Phospho –Créatine (PC) ou Créatine Phosphate**. Ce système correspond à des efforts brefs mais intenses comme **la vitesse**.

Ce processus est rapide et ne nécessite pas la présence d'oxygène (**ANAEROBIE**) de plus il est **ALACTIQUE** (faible production d'acide lactique). Durant les premières secondes de l'exercice musculaire à intensité maximale (sprint), la quantité d'**ATP** est maintenue à un niveau relativement constant. Mais au bout de 7 secondes à effort maximal, les niveaux d'**ATP** et de **CP** deviennent trop faibles pour permettre d'assurer des contractions musculaires. Au-delà de cette période, les muscles doivent utiliser d'autres procédés pour continuer la couverture énergétique.

La forme d'effort privilégié de ce système ATP-CP : la Vitesse

2) le système glycolytique

Un autre moyen de production de l'**ATP** implique la libération d'énergie par la dégradation du glucose qui représente 99% des sucres circulant dans le sang, ce procédé est appelé glycolyse. C'est un processus **Anaérobie Lactique**.

Ce glucose provient de la digestion des hydrates de carbone et de la dégradation du glycogène hépatique. Au repos le glucose est pris en charge par le muscle et le foie qui le transforme en glycogène musculaire. Celui-ci à l'avantage de pouvoir être stocké et dégradé à la demande. La forme d'effort privilégié de ce système : **la résistance**.

Cette production d'énergie se déroule dans le sarcoplasme musculaire. La fourniture d'énergie est importante mais de durée relativement courte (de 30 secondes à intensité max à 2' pour une intensité moindre. L'apport de l'oxygène est insuffisant (**anérobique**) ce qui par un schéma complexe, transformera l'acide pyruvique en **acide lactique**.

La présence d'une quantité importante de lactates (acide lactique) dans le sang va perturber l'homéostasie (baisse du Ph dans le sang) et l'exercice devra être interrompu (Courbature dans les jambes, les bras lourds, etc)

La forme d'effort privilégié de ce système : la Résistance

3) le système oxydatif

Le dernier système cellulaire de production d'énergie est le système aérobie (oxydation des nutriments). Cette réaction se produit dans les **mitochondries** « véritables usines à oxygène » situées dans la fibre musculaire. La présence d'O₂ (**voie aérobie**) permet un fonctionnement d'intensité modérée mais de très longue durée. **Cette dégradation des glucides, des lipides et de quelques protéines par voie aérobie** s'accompagne d'une production de « résidus » ayant peu d'influence à court terme sur la fatigue :

- De l'eau (**H₂O**) ⇒ sueur éliminée
- Du gaz carbonique (**CO₂**) ⇒ éliminé dans la respiration

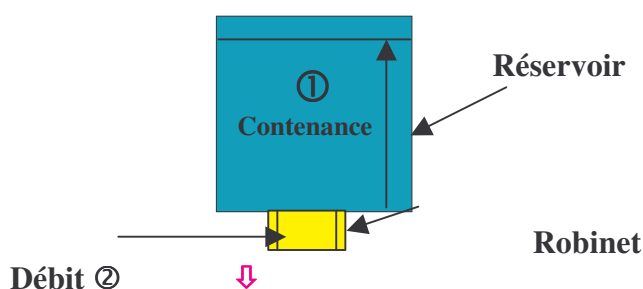
Ce sont les muscles et foie qui stockent environ l'équivalent de 2000 Kcal sous forme de glycogène. Pour les efforts de longue durée (45 mn minimum) ce sont les lipides qui interviennent en particulier.

La forme d'effort privilégié de ce système : l'Endurance

Capacité et Puissance

Chaque filière énergétique peut être caractérisée par une Capacité qui permet une durée de fonctionnement (indépendante du débit) : plus l'exercice est puissant, moins longue est la durée de fonctionnement et inversement.

① **La capacité** : c'est la quantité totale (**contenance**) d'énergie disponible dans le réservoir



②La puissance : c'est la quantité maximale d'énergie utilisable par unité de temps (débit du robinet)

Chaque système possède :

- Une capacité
- Une puissance
- Une durée égale à : **Capacité**
Puissance

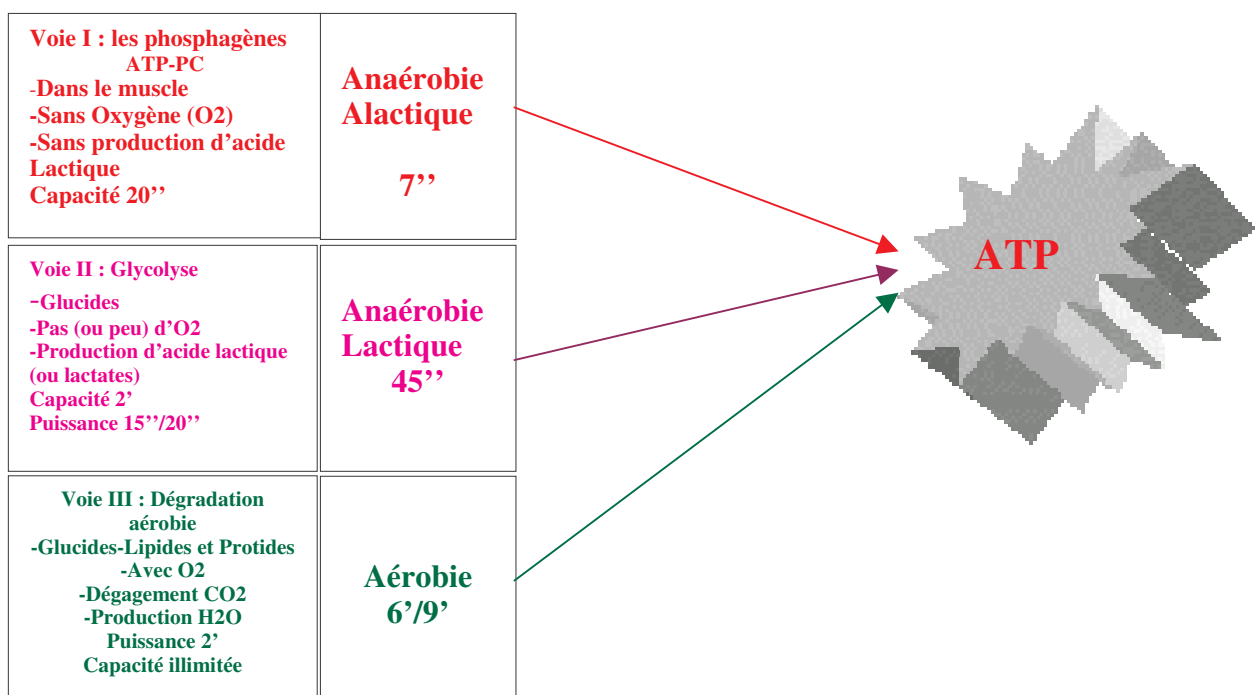
Ces deux notions ont des répercussions directes sur l'entraînement. L'éducateur de par ses choix d'exercices de travail, devra monter le niveau de chaque système pour qu'il fournisse le maximum de puissance le plus vite possible et le plus longtemps possible.

Il devra organiser son entraînement dans le but, non seulement d'optimiser le rendement d'une filière, mais en jouant sur les paramètres de récupération, intensité et durée.

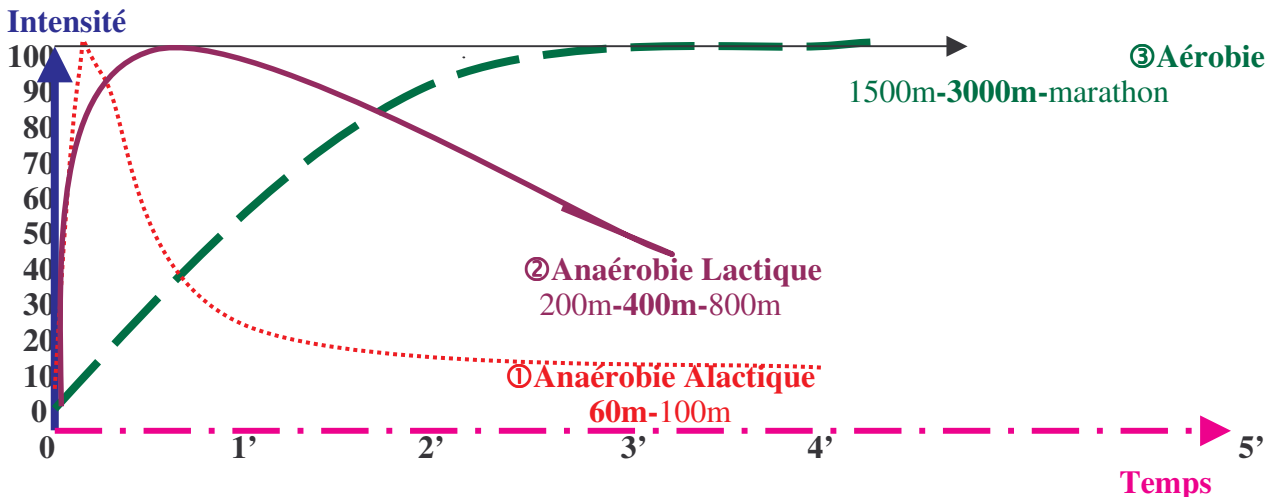
Résumé des caractéristiques essentielles des différentes filières énergétiques
D'après M.Pradet (1989)

Substrats	Anaérobie Alactique ATP CP	Anaérobie Lactique Glucides (glucoses et glycogène)	Aérobie Glucides Lipides Protéines (faible %)
Délai d'efficacité maximum	Nul	20 à 30 secondes	1 à 3 minutes
Puissance	Très élevée + + + +	Elevée + +	Dépend du VO2 max
Temps d'épuisement à puissance maximale	2 à 3 secondes	25 à 40 secondes	3 à 15 mn
Capacité	Très Faible +	Faible +	Illimité + + + + +
Temps d'épuisement de la capacité (réserve)	Entre 7 et 20 secondes	2 minutes	Dépend du % du VO2 max utilisé
Facteurs limitants de l'exercice	Puissance : système enzymatique et neuro-musculaire. Capacité : baisse de la concentration des réserves de CP	Puissance : enzymes de la glycolyse anaérobie et nombre de fibres rapides Capacité : Baisse du pH musculaire	Puissance : fatigue musculaire locale Capacité : chute du taux du glycogène

RESUME



Evolution de la fourniture d'énergie dans le temps



L'interprétation de ces trois courbes montre que :

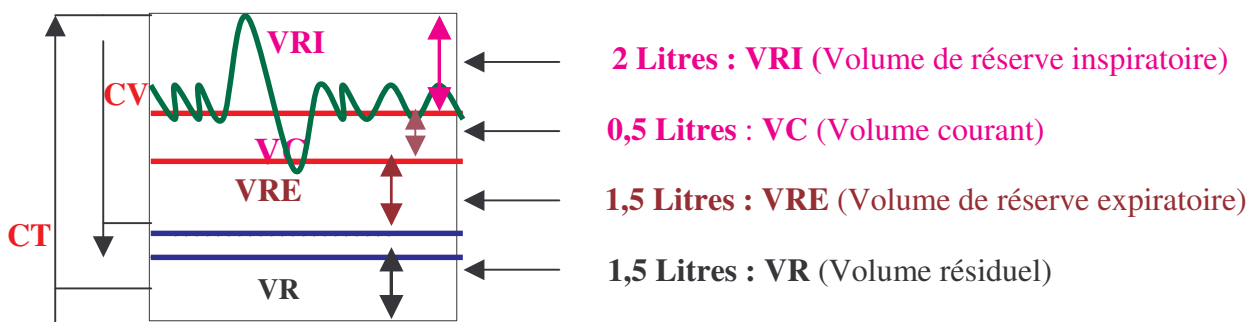
Les voies 1, 2, 3 n'interviennent pas successivement elles se chevauchent progressivement par différents processus par ordre. Elles ont un démarrage immédiat, par contre elles ont des délais d'interventions différents et leurs possibilités sont étalées dans le temps.

Rappel sur les volumes respiratoires

Les mouvements respiratoires consistent à renouveler l'air des poumons. Ils se produisent rythmiquement et alternativement. On distingue l'inspiration et l'expiration.

- **L'inspiration** correspond à la dilatation de la cavité thoracique, à l'entrée de l'air atmosphérique dans les poumons.
- **L'expiration** correspond au retrait de la cage thoracique, donc à l'expulsion de l'air intra pulmonaire. Ces mouvements sont possibles grâce à la mobilité de la cage thoracique et à l'élasticité pulmonaire.
- **La ventilation pulmonaire (VP)** correspond à la **fréquence respiratoire (FR)** de 10 à 12 mouvements /minute. Cette fréquence varie suivant l'activité (travail musculaire, sommeil) ou les émotions.

Les volumes respiratoires



Les volumes sont mesurés par spiromètre, on mesure 4 volumes :

1. Le volume courant de 0,5 L. Volume d'air pour une Respiration calme (VC).
2. Le volume de réserve inspiratoire de 2 L. Volume d'air supplémentaire dans une inspiration forcée (VRI).
3. Le volume de réserve expiratoire de 1,5 L. Volume d'air évacué lors de l'expiration forcée (VRE).
4. Le volume résiduel de 1,5 L. Volume d'air non expulsé et qui reste en permanence dans les poumons (VR).

Les capacités respiratoires

Deux capacités qui représentent l'ensemble des différents volumes :

1. **La capacité vitale (CV). Elle représente l'ensemble des volumes. Elle représente normalement entre 4 et 5 L.**
2. **La capacité totale (CT). C'est la somme de tous les volumes pulmonaires, elle peut atteindre 6 L.**

L'adaptation fonctionnelle à l'effort

L'exercice physique entraîne une **modification** du rythme et de l'amplitude de la **ventilation pulmonaire** qui est 6 litres environ au repos (10 à 12 mouvements x 0.5 litres du volume courant).

La demande en **oxygène devient plus importante** au **niveau des cellules musculaires** qui participent à l'effort. Au début de l'exercice, il y a augmentation de l'amplitude et de la **fréquence des mouvements respiratoires**. Cette élévation croît au fur et à mesure de l'augmentation d'intensité de l'exercice musculaire. Si cette **intensité qui était pénible au début devient modérée**, les rythmes respiratoires et circulatoires se stabilisent : il a **équilibre** entre la **consommation** et les **apports d'O₂**. C'est un état stable, il correspond à la notion de second souffle ou l'effort paraît facile (ex : **footing**).

En revanche plus l'athlète soutient un effort intense, plus le débit augmente (*le volume courant peut aller jusqu'à 3,5 litres et la fréquence augmenter jusqu'à 45 voire 70 mouvements/mn ce qui peut donner de 120 à 200 litres d'O₂ par minute*). Au moment où **l'exercice atteint des limites** pour lesquelles tout l'oxygène disponible au niveau musculaire est utilisé, on dit que l'athlète a atteint sa puissance maximale aérobie (**PMA**). La **PMA s'exprime en Watts** et indique la puissance de l'intensité d'effort correspondant aux possibilités maximales de l'athlète pour **livrer de l'oxygène** à ses muscles avec un fort débit (**VO₂ Max**).

Les physiologistes disent que l'athlète a atteint son **VO₂ Max** (débit maximum d'oxygène) **entre 6mn et 7mn** à la vitesse maximale aérobie (**VMA**). **La Vma s'exprime en km/h. Cette donnée est obligatoire pour réaliser des plans d'entraînement individualisés.** Le **VO₂ max** est une qualité déterminée par le patrimoine génétique, il est plus important chez les garçons que les filles. On peut développer le **VO₂ Max** de 15 à 30 % surtout durant la période pubertaire et cela jusqu'à l'âge de 25 ans. Cela s'évalue en millilitre d'oxygène par kilogramme de muscle et par minute (ml/mn/kg) en laboratoire ou sur le terrain. Chez le sportif de haut niveau on peut trouver des valeurs de **80 ml/mn/kg**, alors que le sédentaire atteint difficilement **46 à 50 ml/mn/kg**.

Malgré cet état critique pour l'athlète à **VO₂ Max**, celui-ci peut augmenter encore son intensité (le sprint dans la ligne droite dans un 3000m) en faisant appel à ses processus anaérobies. Cela entraînera une lactatémie importante et créera une importante **dette d'O₂**, qu'il devra payer durant sa récupération.

Bien sûr ce stade provoque l'essoufflement avec arrêt de l'exercice.

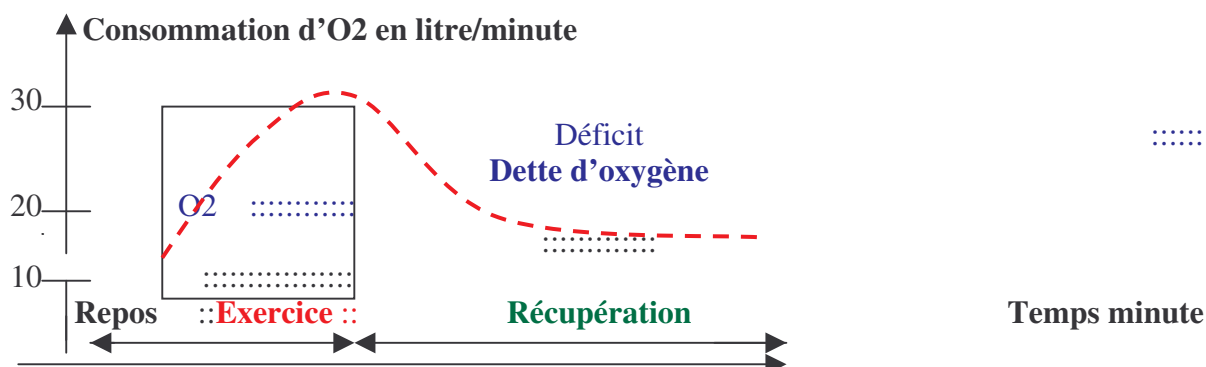
La dette d'Oxygène

Au cours de la période de récupération, la demande énergétique est considérablement réduite puisque l'exercice est terminé. Par contre, la consommation d'oxygène (**VO₂**) demeure relativement élevée pendant une période dont la durée dépend de l'intensité de l'exercice.

La différence entre le volume (VO₂) de la récupération et le volume (VO₂) de repos s'appelle la dette d'oxygène (O₂). Hill (1922).

Il est aisé de constater que les valeurs respiratoires et cardiaques à la fin d'un effort, quel qu'en soit le type, ne reviennent que progressivement à leurs valeurs initiales.

Cette récupération lente signifie que la consommation d'oxygène retourne lentement à sa valeur de départ. La dette d'O₂ se définit comme la quantité d'O₂ consommée en excès pendant la période de récupération par rapport à la période de repos :

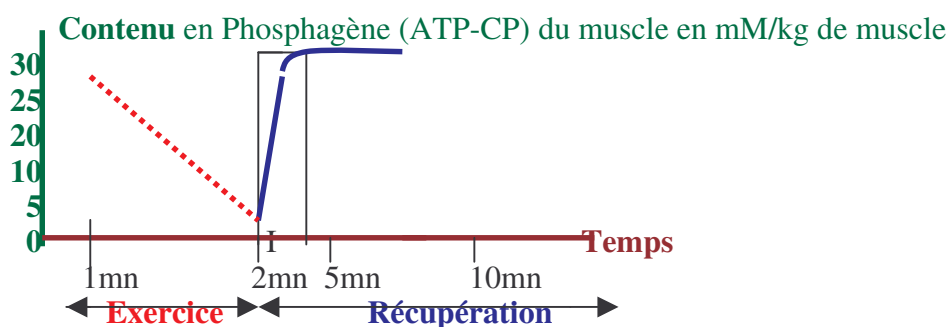


L'athlète ayant fonctionné en manque d'oxygène au début de l'effort, emprunte une voie (processus) sans moyen de pouvoir durer. C'est le cas d'un client qui emprunte à la banque par besoin d'argent. Il devra alors rembourser cet emprunt à un taux supérieur à celui de départ : la dette est plus importante que le déficit.

En effet, l'importance de cette dette d'O₂ est fonction de l'intensité et de la durée de l'effort ayant entraîné ce déficit. Plus l'effort sera violent plus long sera le temps de récupération.

Resynthèse des réserves énergétiques au cours de la récupération

L'ATP-CP ou dette Alactique : représente un faible déficit d'O₂. Le métabolisme de repos est retrouvé au bout de 3 à 5 minutes.



Quelle est l'utilisation de cette surconsommation d'O₂ pendant la phase de récupération ?

Effort de type anaérobie alactique : l'excès d'O₂ sert principalement à reconstituer les réserves de **phosphagènes (ATP-CP) plus de 84% de la créatine resynthétisée en 2 mn.**

Glycogène musculaire ou dette Lactique : Produite lors d'un exercice très intense, avec production importante de lactates. La dette est très importante et pour la resynthèse des composés énergétiques il faut une récupération très longue de 10 à 48 heures (voire 5 jours)

- Effort de type lactique : l'excès d'O₂ sert notamment :
 1. à reconstituer les phosphagènes.
 2. à transformer l'acide lactique en glycogène, 88 % éliminé en 75mn de récupération.
 3. à retrouver une température corporelle normale.
 4. à satisfaire aux besoins en O₂ des muscles respiratoires pour leur récupération.

Cette analyse de la dette d'O₂ très importante pour l'entraîneur :

Dans la programmation d'exercice en **Puissance Anaérobie Alactique** ex :(60m, 80m, 100m) ou **aérobie** modérée (footing facile) la production de lactates est peu importante. Cela nécessite peu de récupération.

Dans la programmation d'exercice en **Capacité Anaérobie Alactique** répétition ex :(60, 80, 100, 120, 150,) L'entraîneur doit absolument organiser une récupération **complète** entre les séries si l'objectif est de travailler dans la voie ATP-CP. Cette récupération doit avoir une **Durée** (temps) et une **Nature** (passive- à l'arrêt) ou (active marche- footing).

Pour un entraînement dans la voie 2, avec une production importante de lactates **Puissance Anaérobie Lactique** ex :(250m-300m- 400m) la récupération doit être plus longue. De plus il est conseillé de faire une récupération active (petit footing de 15 à 20mn).

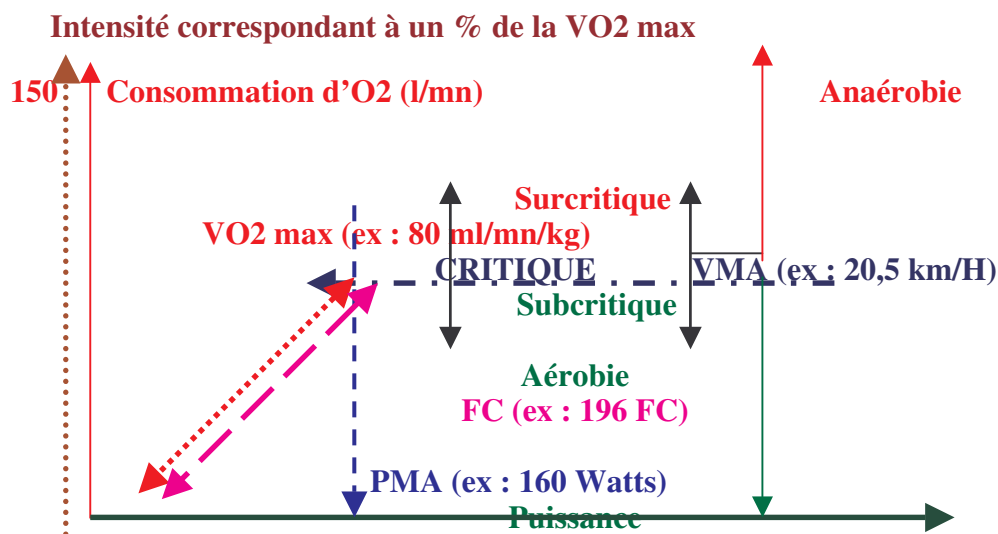
Dans le cas de la **Capacité Anaérobie Lactique** ex : (400-500-600-800) on peut travailler en fatigue lactique (récupération moindre) pour :

Habituer l'organisme à réaliser des séances avec une dose importante de lactates. Cela fait appel à la motivation car l'effort est d'une très haute intensité (à proscrire chez les jeunes).

Durées minimales et maximales de récupération suggérées à la suite d'un exercice maximal

Processus de récupération	Temps de récupération	
Rétablissement des réserves de phosphagènes du muscle ATP-CP (Sprint)	3mn minimum	5 mn maximum
Remboursement de la dette alactique (Sprint)	3mn	5mn
Resynthèse du glycogène musculaire	10h en continu 5h par intervalle	46h 24 h
Elimination de l'acide lactique dans le sang et les muscles	30mn récupération active 1h récupération passive	1h 2

L'ADAPTATION FONCTIONNELLE A L'EFFORT



- Le VO2 max (Volume d'oxygène maximum) il se mesure en millilitres par minute et par kg (ml/mn/kg). Si on augmente progressivement l'intensité d'un effort, la consommation augmente aussi jusqu'à un certain point. Au-dessus de ce point, toute nouvelle progression dans l'intensité de l'effort n'entraîne plus d'accroissement de l'absorption d'O2 : c'est le VO2 Max
- La PMA (Puissance Maximale aérobie) se mesure en Watts et indique la puissance à laquelle le VO2 Max est atteint.

- La VMA (Vitesse Maximale Aérobie) s'exprime en km/h, lors des tests de laboratoire ou de terrain. Donnée Fondamentale pour l'entraîneur, pour établir un programme d'entraînement individualisé.
- La Fréquence Cardiaque augmente de façon linéaire en fonction de la puissance de l'exercice tout comme la consommation d'O₂. C'est une réponse cardiovasculaire à l'intensité de l'exercice.

Pour comprendre la nature des exercices proposés sur le terrain, il faut connaître les caractéristiques des processus permettant la resynthèse de l'ATP : substrats utilisés, délai d'intervention, puissance (quantité maximale d'énergie susceptible d'être fournie par unité de temps), capacité ou endurance, facteurs limitant la puissance, facteurs limitant l'endurance, produit terminal des réactions, délai de retour de l'organisme à l'état de repos, etc ...

La notion de VO₂ max

Le volume maximal d'oxygène (VO₂ max) correspond, durant l'exercice, à la quantité maximum d'oxygène consommée en une minute par l'organisme. Compte tenu du délai d'intervention de la filière aérobie, le VO₂ max ne pourra être mobilisé que pour des efforts dépassant deux minutes.

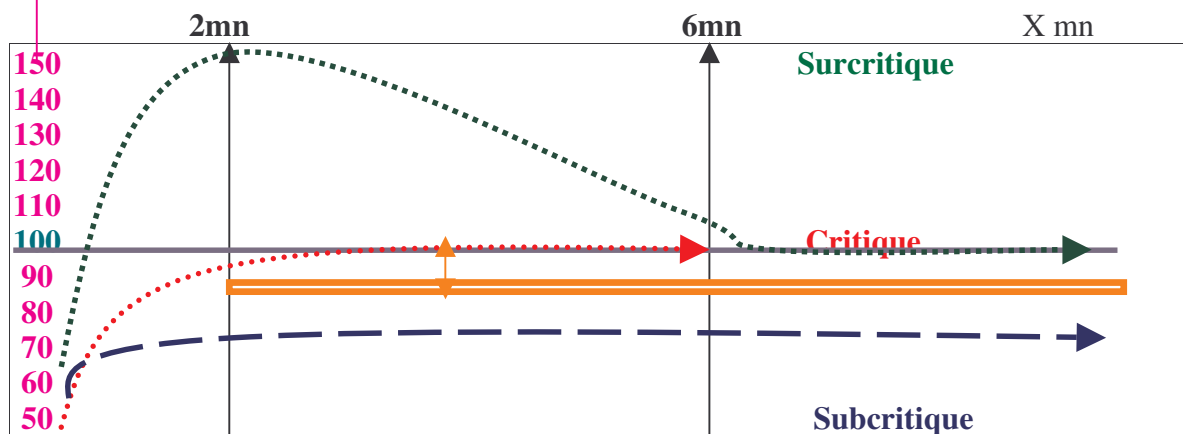
Exprimé en litre par minute ou en millilitre par minute et par kilogramme de poids corporel, le VO₂ max est essentiellement limité par le fonctionnement Du système cardio- vasculaire et l'épuisement enzymatique (mitochondries) des fibres musculaires sollicitées. Sa capacité dépend de l'équipement génétique et de l'entraînement effectué avant 25 ans. D'un point de vue statistique le VO₂ max est plus grand chez les hommes que chez les femmes.

La notion d'endurance

Appelée Capacité aérobie, la notion d'endurance exprime la possibilité de durer dans l'exercice à l'intensité choisie. La durée d'un exercice utilisant d'une façon préférentielle le système aérobie dépend du pourcentage de VO₂ max utilisé et du niveau d'entraînement. A puissance maximale aérobie un sujet non entraîné s'épuise entre 4 et 6 mn, un sujet entraîne peut maintenir sa PMA sur 7 à 15mn.

La notion de seuil

Intensité correspondant à un % de la VO₂ max



Exercice d'intensité modérée : l'exercice se déroule en aérobose et peut être poursuivi longtemps (E.MA Endurance Maximale Aérobie).

Exercice d'intensité égale à la P.M.A : l'intensité de l'exercice devra diminuer pour que l'organisme continue de fonctionner en aérobose.

Exercice d'intensité très élevée : l'énergie de source anaérobie est prédominante.

Zone de fonctionnement anaérobie

La notion de seuil aérobie et anaérobie

Lors d'exercices intenses, inférieurs à la P.M.A., la concentration de lactates augmente pendant les premières mn de l'exercice (à environ 60% du VO₂ Max), les lactates commencent à apparaître. Ce stade correspond en partie à un apport énergétique anaérobie. Il a été fixé d'une façon purement théorique à une concentration sanguine de 4 mmol d'acide lactique. C'est le seuil anaérobie, qui bien sur se déplace avec le niveau d'entraînement.

Jusqu'à 60% de VO₂ max (seuil aérobie), le taux de lactates reste faible (2mmol) et stable. C'est la zone d'endurance fondamentale de récupération. **Vouloir entraîner la filière aérobie en dessous de ce seuil ne produit aucun effet.**

Au-delà de 60% et jusqu'à 80% de la VO₂ max, on accumule progressivement des lactates, mais on peut encore continuer l'exercice durant environ 30mn chez le sédentaire et 60 mn chez le sportif entraîné. C'est la zone de travail de la capacité aérobie (zone transitionnelle aéro-anaérobie). **Le travail peut se faire par fraction de 20mn ou plus.**



Vers 85% de VO₂ max et 4 mmol de lactates c'est le seuil anaérobie. Toute augmentation de l'allure provoque une montée brutale du taux de lactates et réduit la poursuite de l'effort.

Au-delà du seuil anaérobie, c'est la zone de développement de la puissance aérobie. **Le travail doit être fractionné avec des récupérations actives.**

A 100% de la VO₂ max, la consommation d'O₂ est maximale. La durée de l'exercice varie selon le niveau de chacun, car l'accumulation lactique est importante.

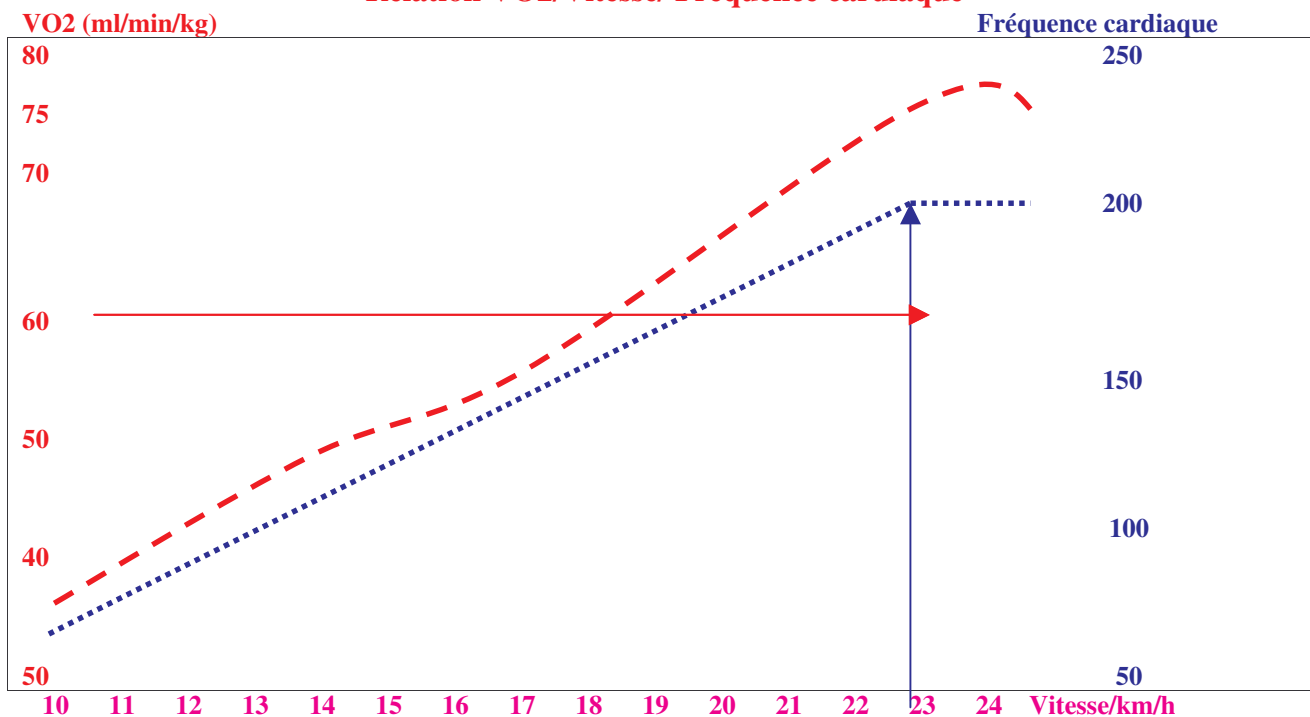


Indications générales pour l'entraînement

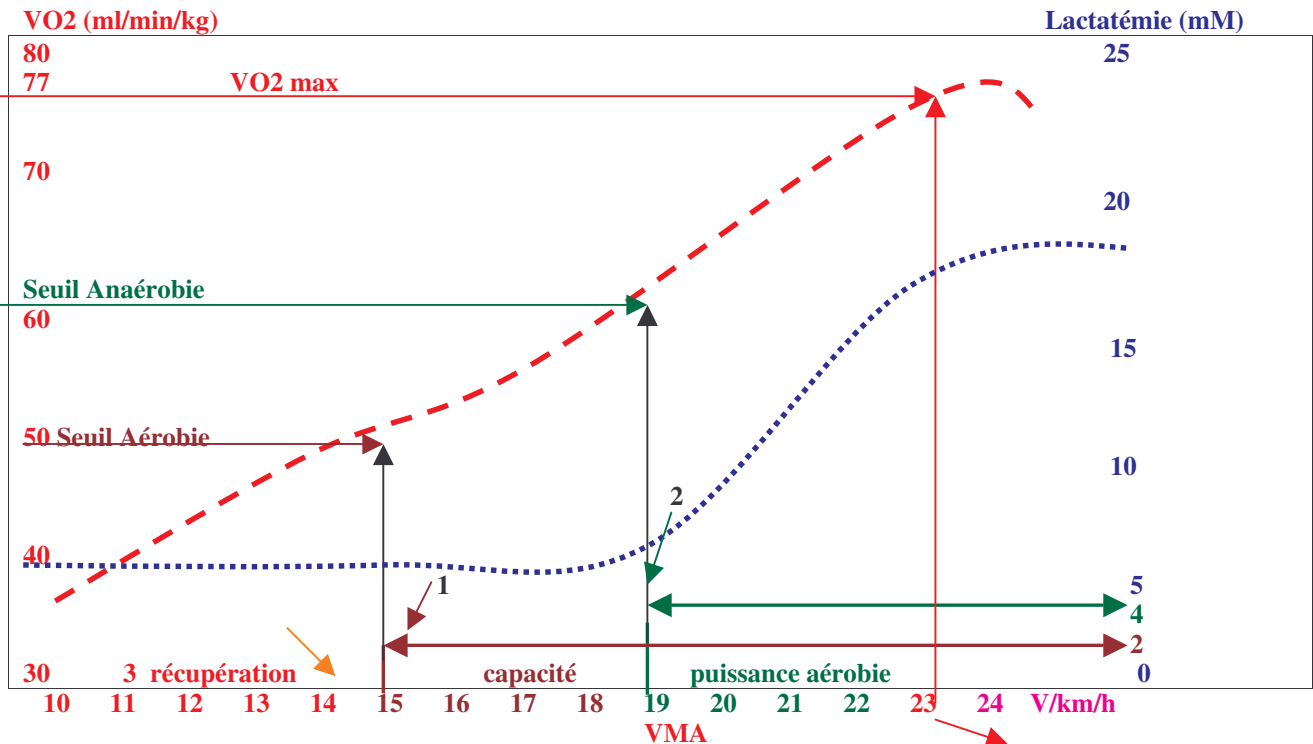
% Moyen de la VAM	% Moyen de la Fc Max	Durée et caractéristiques des exercices	Répercussions physiologiques
50 à 55%	65 à 70	10 à 15' de course	Récupération active Pour évacuer l'acide lactique après une séance dure
65 à 69%	71 à 79	Durées longues	Equilibre aérobie Echauffement avant entraînement Vitesse favorable pour les reprises d'activités de début de saison ou d'année scolaire. Développement peu efficace de l'endurance aérobie
70 à 79%	80 à 89	Longues durées continues Course de fond	Début de l'apparition de l'acide lactique sanguin Tendance aérobie recommandée pour travailler en début de saison Développement efficace de l'endurance aérobie

% Moyen de la VAM	% Moyen de la Fc Max	Durée et caractéristiques des exercices	Répercussions physiologiques
80 à 89%	90 à 97	Courses par intervalles longs durée supérieures à 6' x 3, 4 Rc 2',3',4',5'	Augmentation plus importante de l'acide lactique sanguin. Tendance anaérobie lactique Développement mixte endurance et puissance aérobie maximale
90 à 100%	98 à FC Max	Courses par intervalles moyens : durée 2' à 4' x 4,6 Rc longue 2',3',4',5'	Accumulation rapide de l'acide lactique A n'envisager qu'une fois par semaine. Non souhaitable chez l'enfant. Développement mixte puissance aérobie maximale et capacité lactique
+ de 100 à 120%	FC Max	Courses par intervalles courts type 10''/20'', 15''/15'', 30''/30'' Sur une durée de 15' à 20' genre fartleck	Sollicitation maximale de tous les systèmes qui permettent le transport de l'O2 Développement efficace de la puissance aérobie maximale sans production de lactates Développement de la capacité anaérobie alactique

Relation VO2/Vitesse/ Fréquence cardiaque



Relation consommation O2/Lactatémie/vitesse



1 Seuil Aérobie : pour développer la capacité Aérobie (2mM)

2 Seuil Anaérobie : c'est la limite de l'acidose acceptable (travail par intervalles) 4(mM)

3 Récupération (échauffement, maladie, vacances)



LE SYSTEME CARDIO-VASCULAIRE

Le débit cardiaque

Introduction

Le cœur est une machine constituée de deux pompes accolées (le cœur droit et le cœur gauche). Chacun de ses cœurs est constitué de deux compartiments : l'oreillette et le ventricule, séparés par une valvule qui permet ou non le passage du sang entre ces deux compartiments. La contraction s'appelle la systole (éjection du sang dans le circuit), le relâchement s'appelle diastole (remplissage du sang).

Au repos le cœur brasse environ 5 litres de sang à la mn. C'est le débit de repos.

Le débit cardiaque est une quantité exprimée en litres par minute ou millilitre par minute. Celui-ci répond à la formule suivante : **Débit = Fréquence cardiaque (FC) x le Volume de sang éjecté à chaque systole (Volume d'éjection systolique)** dans la grande circulation.

Au repos ce débit est égal à **65 Fc x 77 ml = 5,005 litres de sang.**

Le cœur est autonome en ce qui concerne sa contraction, sa fréquence est de 70 battements /mn environ.

Le cœur reçoit deux types d'influences qui vont réguler cette fréquence fondamentale :

- **Première influence**

Le système nerveux neuro-végétatif constitué des deux systèmes antagonistes : **Sympathique** et **Parasympathique**.

Le système sympathique, lorsqu'il est sollicité à l'exercice notamment, provoque une **augmentation de la fréquence cardiaque**. Le cœur peut accélérer jusqu'à une fréquence dite maximale qui dépend non du degré de forme ou d'entraînement mais de l'âge du sujet.

Une formule théorique pour ce calcul : $FC_{Max} = 220 - \text{l'âge en années}$ (un sujet de 40 ans peut avoir $40 - 220 = 180 FC_{Max}$)

Le système Parasympathique, lorsqu'il est sollicité au repos notamment, a des effets inverses de ceux provoqués par le système sympathique. **Il ralentit le cœur.**

Il y a des différences de variations inter-individuelles importantes entre les différents sujets. La femme bat légèrement plus vite que l'homme.

- **Deuxième influence**

A l'exercice, certaines hormones (comme l'adrénaline) et l'élévation de la température du corps provoquent l'augmentation de la fréquence cardiaque.

Le cœur et ses réactions immédiates à l'exercice

Modification de la fréquence cardiaque

Avant l'exercice, la fréquence cardiaque augmente de façon anticipée (l'émotion ressentie par le pratiquant).

La fréquence cardiaque **durant l'exercice** augmente rapidement (phase d'accrochage cardiaque), pour ensuite se stabiliser progressivement si l'intensité de l'exercice est inférieure ou égale à la PMA. Si celle-ci est supérieure à la PMA, la fréquence augmente, atteint son maximum et s'y maintient jusqu'à la fin du travail.

A l'arrêt de l'exercice, la fréquence décroît en deux temps : d'abord rapidement (20 à 35 secondes) puis beaucoup plus lentement. La première phase correspond au « décrochage cardiaque ». La seconde phase correspond au paiement de la dette d'O₂ contractée pendant l'exercice (voir les courbes de Valérie et de Julien)

Effets de l'entraînement sur le cœur

Modification de la fréquence cardiaque :

La fréquence cardiaque maximale serait à l'exercice plus basse chez les entraînés que chez les sédentaires. (Même âge).

La fréquence de repos baisse sous l'effet de l'entraînement. Cela est dû à l'augmentation du volume des cavités cardiaques (volume d'éjection systolique). Pour une même Intensité d'exercice de type aérobie, la fréquence cardiaque d'un sujet entraîné se stabilise plus facilement et à un seuil plus bas que celle d'un sédentaire. Le retour à la normale (fréquence de repos) se fait plus rapidement chez le sujet entraîné.

Effets de l'entraînement sur le Volume d'éjection systolique (V.E.S.)

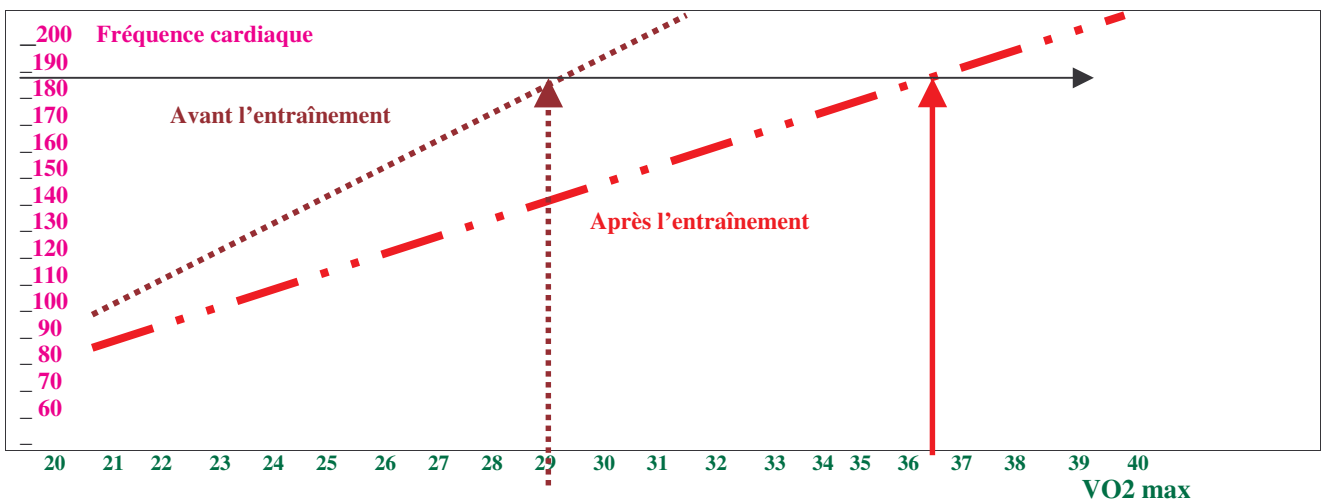
La masse et le volume augmentent avec l'entraînement de type aérobie. Cette Hypertrophie cardiaque est une adaptation normale, caractérisée par une augmentation du volume de la cavité et un épaississement de ses parois. Chez les sujets entraînés le V.E.S. peut atteindre 200 ml Cette valeur entraînera un débit cardiaque maximum important et donc une VO₂ MAX 2 élevée, d'où l'importance de commencer par un travail aérobie de 150 à 160 FC, avant d'attaquer un travail plus important.

La fréquence cardiaque est pratiquement le seul indicateur physiologique qui est utilisable sur le terrain pour renseigner sur l'intensité de l'exercice.

Relation entre la fréquence cardiaque et la consommation d'O₂

- Un sujet qui est à sa fréquence cardiaque maximale (débit cardiaque) atteint son volume d'oxygène maximal (VO₂ max) ou livraison d'O₂ max.
- 120 Pulsations/minute correspond à un niveau d'activité faible, mais le volume d'éjection systolique est lui à son maximum. Ce qui est certain c'est que l'on ne peut pas développer la

fonction aérobie à cette fréquence, il faudra travailler dans des zones de 150 FC/mn pour être efficace.



Relation linéaire entre la fréquence cardiaque et la consommation.

10 semaines d'entraînement aérobie pour un sujet de 20 ans.

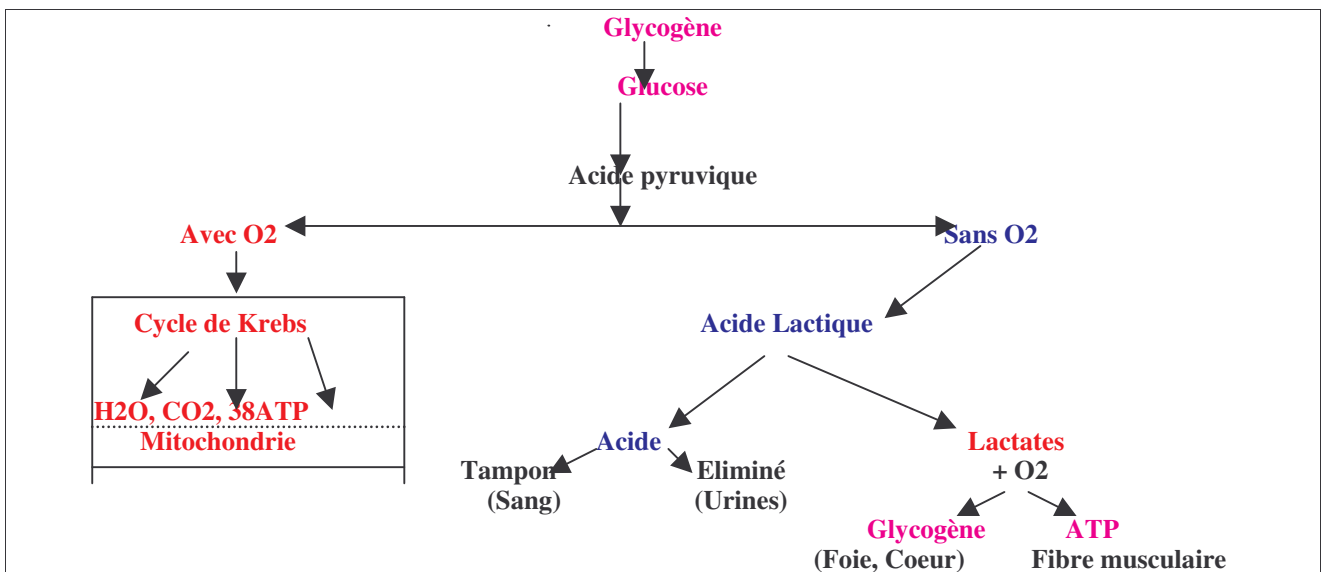
C'est entre 40 et 50% du VO₂ max que le volume d'éjection systolique atteint sa valeur maximale. A cette intensité la fréquence cardiaque est de 120 puls/mn, ensuite il se maintient à un niveau identique même si l'intensité augmente.

Le devenir de l'acide lactique

La glycolyse anaérobie entraîne la production de lactates, déversées dans le sang, perturbant ainsi l'équilibre du milieu intérieur (pH) et entravant la contraction musculaire.

On a longtemps pensé que l'acide lactique était un « déchet toxique » qu'il fallait vite éliminer, ou en produire le moins possible. Mais on peut le voir aussi comme un indicateur du potentiel anaérobie lactique.

Chez le sportif, la concentration d'acide lactique, débute après 1mn à 3mn d'effort intense. Il déséquilibre l'homéostasie. Il doit être tamponné, éliminé. Les lactates pouvant être réutilisés Comme ATP soit comme glycogène.



La partie **Acide** est absorbée par des substances tampons contenus dans le plasma sanguin.

Ce tamponnement évite une élévation trop rapide de l'acidose sanguine, maintenant ainsi un pH du sang constant.

La partie **Lactates** (avec une structure moléculaire identique au sucre) sert de carburant au myocarde. Elle est stockée sous forme de glycogène dans le foie. En présence d'O₂ elle sert à la resynthèse de l'ATP.

La Surcompensation

Les réserves énergétiques influencent le fonctionnement musculaire, de par leurs caractéristiques (délais d'intervention, capacité, puissance, facteurs limitants) elles permettent la resynthèse de l'ATP.

La récupération

La récupération est dépendante de l'effort. Elle se déclenche dès le démarrage de l'activité musculaire.

- Si l'effort est faible, les processus de resynthèse et ceux de dégradation s'équilibrent (marcher, courir lentement).
- Si l'effort est de grande intensité, les processus de dégradation dominent : l'effort ne peut être maintenu pendant une longue durée.
- Si l'effort est de très grande intensité, les processus de dégradation « noient » ceux de resynthèse et l'effort cesse rapidement.

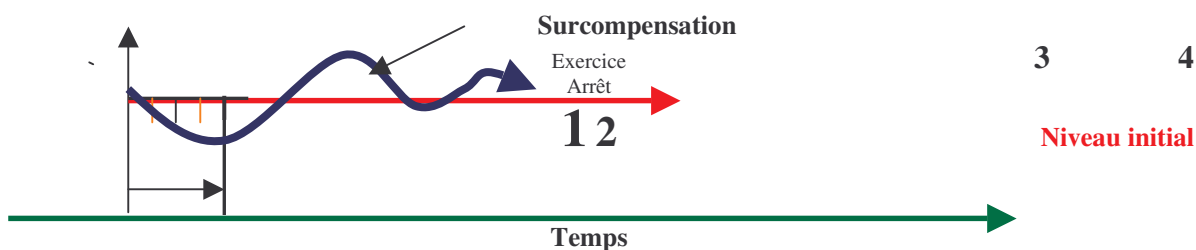
Exigence et sollicitations énergétiques en course en % de la dépense totale

AEROBIE

Courses distances	% de la VAM	Acide gras	Glycogène+glucose	Glycolyse lactique	ATP-CP
100m	160/200			2	98
200m	150/200			4	96
400m	125/140		5	40	55
800m	120/125		5 à 8	62 à 65	30
1500m	101/111		20 à 25	50 à 55	25
3000m	95/100	5	40 à 45	35 à 40	15
5000m	86/95	15	50 à 60	15 à 25	10
10000m	85/90	30 à 40	45 à 55	5 à 10	5
Semi	78/85	48 à 58	35 à 45	5	2
Marathon	72/80	55 à 66	30 à 40	2	2

Le phénomène de surcompensation

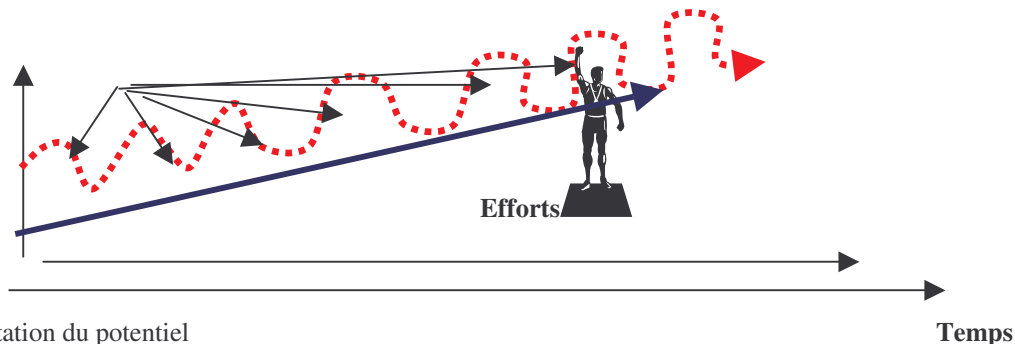
Dès que l'effort s'arrête, les processus de synthèses prédominent sur ceux de dégradation. Ensuite les réserves énergétiques sont reconstituées à un niveau supérieur au niveau initial : ce phénomène est la **surcompensation**.



L'analyse de cette courbe démontre que :

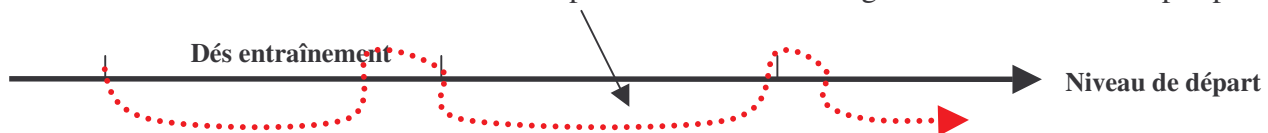
- Une phase rapide de récupération (2/3) → 90% environ (avec effets immédiats).
- Une phase lente (4) pour restaurer les 10% restants (c'est la phase de récupération totale avec effets différés).
- La récupération est irrégulière.
- Plus on fatigue l'athlète en créant un déséquilibre dans son organisme, plus la récupération sera importante pour retrouver un nouvel équilibre.

Pour optimiser ce principe, l'athlète a tout intérêt à recommencer un nouvel effort lorsqu'il est en phase de surcompensation, car il possède un réservoir énergétique supérieur à celui de départ. C'est l'entraîneur qui est gestionnaire de la fatigue de son groupe.

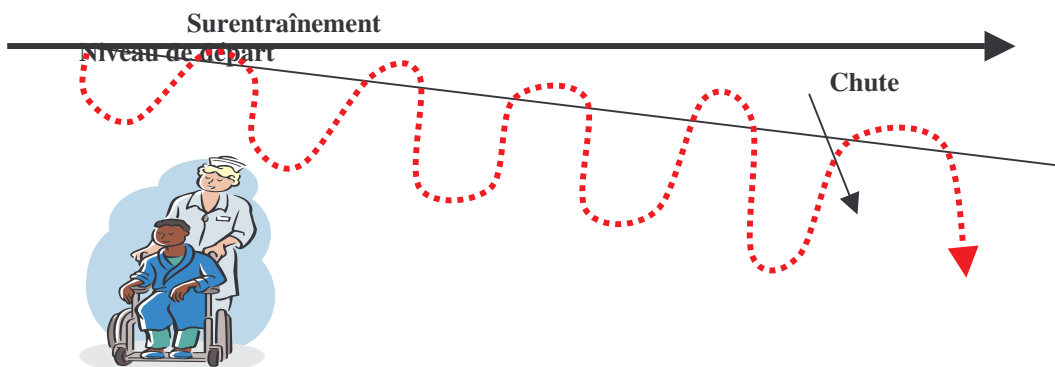


L'entraîneur doit absolument posséder de bonnes connaissances et une bonne maîtrise de ces phénomènes de surcompensation, pour bien répartir les différents efforts dans la séance, la semaine, le mois ou l'année. Car le risque serait de :

- N'avoir aucune amélioration du potentiel avec des charges d'entraînements trop espacées.



- Avoir une diminution du potentiel avec des charges trop rapprochées, car les périodes de récupération ne permettent l'installation de la surcompensation.



LES DELAIS DE SURCOMPENSATION

Qualités	% Effort	Substrats utilisés	Temps de récupération			
			minimum	Incomplet	90 à 95 %	Complètement
Anaérobie alactique	100 % 100 %	ATP PC	2 mn			Immédiate 5 mn
Anaérobie lactique		Glycogène Musculaire 1.ex continu 2.ex par intervalles	10 h 5 h		18 h	de 72 heures à 46h 24 h
Puissance aérobie	70 à 90 % PMA/VMA	Glycogène lipides,			12h	24h à 36 h
Anaérobie Force		Glycogène Elimination de l'ac.lacti 1.Réc active 2.Réc passive	30mn 1h	2 à 3h	12 à 18h 18h	48h 48h 1h 2h

Ces données sont très importantes, car elles représentent de manière chronologique la programmation des différentes séances.

Exercices visant au développement du potentiel aérobie

TEMPS	CAPACITE	PUISSANCE			
	20' ⇒ 1H	12' ⇒ 15'	6' ⇒ 10'	2' ⇒ 4'	10'' ⇒ 20''
DISTANCES	3600M ⇒ 12000M	2500M ⇒ 3600M	1400M ⇒ 2700M	500M ⇒ 1200M	50M ⇒ 120M 50M/80M
INTENSITES	Travail continu 60-70% VMA	70-80% VMA	80-90% VMA	90-100% VMA	110-120% VMA
VOLUME	Effort continu	3/6 Répétition	1 à 3 Répét	2X 3/4 Répét	5X 10 Répét
RECUPERATION	Après effort	10 à 12' actif	2 à 3' actif	20 à 40'' actif	5'' à 15'' actif
12/13 ANS	+++	++			+++
14/17 ANS	++	+++	++	+	
+ 18 ANS	+	++	+++	++	+
+ Approche/entretien ++ Entraînement +++ Dominante					

☞ La surcompensation est fonction de :

La durée et l'intensité des exercices de travail, la durée et l'intensité des temps de récupérations.
 La fréquence des efforts durant la semaine, la période, la saison.

La surcharge : plus l'exercice épuise les réserves énergétiques, plus le niveau de surcompensation est élevé.

La récupération : prendre garde aux délais de restauration entre les charges (séances).

Classification des activités physiques en fonction de leur durée et de la puissance développée par rapport à la PMA

Types de performance selon la puissance P (relative à la puissance maximale aérobie : PMA)	Durées d'exercice (seconde, minute, heure) Substrats utilisés	Catégories de sports selon la puissance mise en oeuvre
Puissance explosive P = 10 x PMA	< 3'' → ATP Récupération = 3mn	1) Haltérophilie, hauteur, lancers, service au tennis, swing au golf.
Puissance anaérobie alactique P = 5 x PMA	8-10'' → ATP-CP Récupération = 7mn	2) Sprints courts (60-100m) 25 m natation, 25 m sport collectif, saut de cheval en gym.
Puissance anaérobie lactique P = x 3 PMA	12-30'' → ATP-CP+Glucose (glycolyse anaérobie) Récupération = 10-15mn	3) Sprints longs (200) natation 50m, contre attaque en foot, enchaînements en gym (sol et appareils)
Capacité anaérobie lactique P = 2 x PMA	30''-2' → Glucose (glycolyse anaérobie) + oxydation. Récupération = 20- 40mn	4) Sprints prolongés (400m-800m) natation 100m-200m, slalom géant et descente en ski.
Puissance maximale aérobie P = PMA	2mn-6mn → Glucose (glycolyse anaérobie) +oxydation. Récupération 60mn-6 heures	5) Demi fond court (1500m) natation 400m.
Capacité maximale aérobie P = 0,9 x PMA	6mn-20mn → Glucose (glycolyse anaérobie) +oxydation. Récupération = 2heures pour 6mn d'effort → 24 heures pour 20mn	6) Demi fond long (3000m-5000m) natation 800m.
Capacité aérobie II (seuil anaérobie) P = 0,7-0,8 x PMA	20mn-60mn → Glucose (glycolyse anaérobie) +oxydation. Récupération = 24-48 heures	7) Fond court (10000) natation 1500m, 5 km ski de fond, 45' de match intense au foot-ball
Capacité aérobie I P = 0,5-0,7 x PMA	60mn à plusieurs heures. Glucoses et lipides+oxydation. Récupération = 24 heures pour 60' d'exercice et 7 jours pour un effort type semi ou marathon.	8) Fond long (semi-marathon) natation 25 km, triathlon, cross country en VTT, ski de fond.

L'EVALUATION PHYSIOLOGIQUE DU PRATIQUANT

L'évaluation est une appréciation portée sur l'activité sportive et sur le pratiquant, selon des critères préalablement définis. Elle éclaire la décision de l'éducateur sportif dans de nombreux domaines : orientation sportive du débutant, détection du talent sportif, sélection du compétiteur, organisation et suivi de l'entraînement, etc....

Quoi évaluer ?

Notre domaine d'évaluation est centré sur la **performance sportive**. Elle est réalisée soit dans le cadre de l'entraînement, soit le plus souvent pendant une compétition. Elle résulte d'un ensemble de capacités physiques, psychologique, intellectuelles et sociales.

Quand évaluer ?

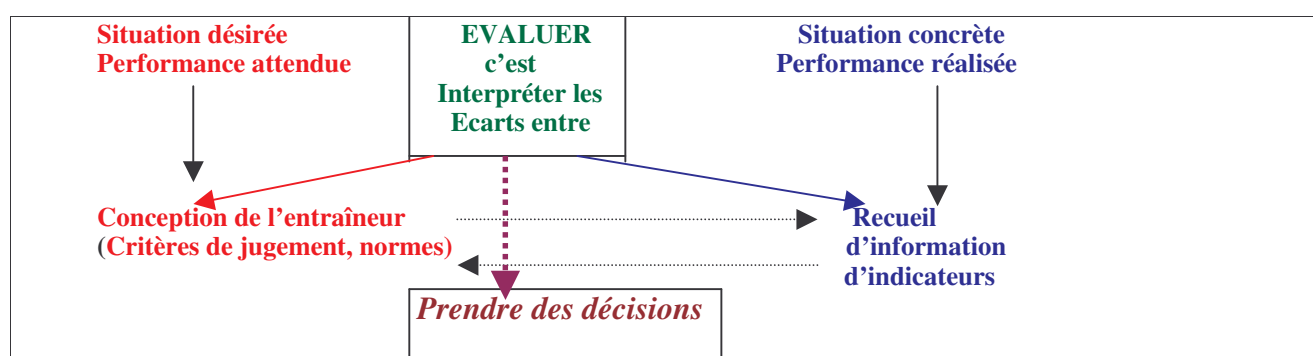
Nous pouvons définir trois temps différents dans l'évaluation :

1. **Au début** d'un processus d'apprentissage ou d'entraînement. C'est l'**évaluation Diagnostique**, elle permet de repérer les manques, les faiblesses. Elle pourra orienter le travail futur.
2. **Au cours** du processus d'entraînement. C'est l'**évaluation formative**, elle permet une vérification de la progression. Elle autorisera d'éventuelles corrections ou confirmant le travail accompli.
3. **A la fin** du processus d'entraînement. C'est l'**évaluation sommative**, elle fait la « somme » des acquis, du niveau atteint. Elle permet l'appréciation individuelle par rapport au groupe. Elle ne pourra pas faire place aux éventuelles corrections car elle est située en fin de cycle.

Comment évaluer ?

Evaluer consiste à recueillir des informations sur le résultat et l'activité du pratiquant, à interpréter ces données et ensuite prendre une décision.

Pour fonder ses décisions, l'entraîneur compare les informations issues d'une situation observée à ses critères de jugement.



(D'après Hadji, 1989)

La situation concrète : Fournit les informations observables sur la performance du pratiquant (temps chronométré, nombre d'actions réalisées, saut mesuré, etc..)

La situation désirée : C'est un niveau de performance attendue ou d'habileté souhaitée ayant valeur d'objectif pour l'entraîneur et l'entraîné. Pour comparer ces performances, on fait appel aux tables de cotations, aux tests physiques, aux barèmes.

Pour évaluer, l'entraîneur dispose de tests et de situations d'observation. Les tests, confrontation du sportif à une tâche standardisée, ont pour objectif principal de « *comparer le résultat de l'individu testé aux résultats d'une population ou d'un groupe dont il fait partie* » (Pierron, 1984). Cette évaluation est dite normative, car elle compare le sujet ou le groupe à lui-même.

Ou évaluer ?

Il existe des tests de laboratoire et des tests de terrain. Les premiers, organisés en milieu hospitalier ou dans les structures spécialisées (I.N.S.E.P., CREPS) nécessitent un encadrement humain et matériel important. Cela concerne les athlètes de haut niveau ou les pratiquants à risque.

Le test de laboratoire

Un protocole rigoureux régit ce genre de test, c'est **une mesure directe** car effectuée en laboratoire. Les qualités de ces tests sont :

- **La validité** : ils mesurent avec précision la qualité physique ou la capacité Physiologique du sujet.
- **La fidélité** : les mesures répétées, effectuées sur les mêmes sujets dans des conditions identiques, fournissent les mêmes résultats. Cela fiabilisent et crédibilisent ces tests.
- **L'objectivité** : les résultats sont indépendants de l'évaluateur.

On peut citer quelques tests de laboratoire :

⇒ **Le test de force** : réalisé avec des capteurs ou appareillages de mesure de la force des différents mouvements des bras ou des jambes.

⇒ **Le test de détente verticale** : s'effectuent sur une plate forme de force (test de Bosco) qui indique la hauteur de CG de l'athlète au cours d'un saut vertical, la grandeur et la durée de l'impulsion. Ce test mesure la force des membres inférieurs.

⇒ **Le test de force vitesse sur bicyclette ergométrique** : permet de mesurer la puissance anaérobie alactique d'un sujet. Celui-ci pédale (durant quelques secondes) avec la plus grande fréquence possible, la roue étant freinée par une résistance élevée.

⇒ **Le test de Wingate sur bicyclette ergométrique** : mesure la capacité anaérobie lactique. Le sujet pédale le plus vite possible durant 30'', le pédalier offrant une résistance normée en fonction de l'âge.

⇒ **Le test d'évaluation du métabolisme aérobie** : la consommation maximale d'oxygène du sujet est mesurée par l'analyse des échanges gazeux respiratoires. Cela soit au cours d'un exercice d'intensité progressivement croissante jusqu'à épuisement, soit par une suite d'exercices de plus en plus intense.

Les tests de terrain

Les résultats aux tests de laboratoire sont fiables mais nécessitent un matériel médical adapté et onéreux. De plus, bien que précis ils sont éloignés dans leur contenu des réalités sportive réelles. Aussi l'entraîneur leur préfère t'il les tests de terrain qui évaluent le sportif en « situation ». Mais cela reste une mesure indirecte, car ils estiment le résultat de transformations énergétiques à partir d'intermédiaire observables.

- Il est nécessaire que ces tests soient simples dans le matériel utilisé et dans le protocole de déroulement (les conditions climatiques, la durée du test, l'interprétation de celui-ci, etc..).
- La validité : ces tests de terrain doivent mesurer exactement ce pour quoi ils ont été créés en relation avec les mesures directes de laboratoire, sans glissement d'objectifs.
- La fidélité : elle se situe à deux niveaux. Celui lié au matériel utilisé qui doit être le même pour tous et sur tous les lieux d'évaluation(chronomètre, magnétophone, plots, repères, sifflets, etc..) et celui lié à l'évalué lui même, qui testé dans des circonstances

identiques ne doit pas obtenir des résultats différents(même par des observateurs différents).

Voici quelques tests de terrain :

1. EVALUATION DU SYSTEME A.T.P.-P.C.

Rappel : le système des phosphagènes permet de fournir des efforts intenses de courte durée. La puissance est évaluée par des tests d'une durée inférieure à 7 secondes. La capacité par des durées incluses entre 15 secondes et 20 secondes.

Les efforts explosifs

⇒**Le test de détente verticale (Sargent-test-1921)** : avec une planche de 3,50m graduée en centimètre à partir de 1,30m (un mur peut aussi faire l'affaire). Le sujet part les pieds joints, avec les doigts imprégnés de craie. D'abord lever le bras verticalement et faire une marque, ensuite sans prendre d'élan on saute aussi haut que possible avec le bras en extension et faire à nouveau une marque. La différence entre les deux marques donne le résultat.

⇒**Le squat-jump** : mesure la détente verticale (en centimètre) avec un appareil (**Abalakov- 1931**) qui se compose d'un mètre ruban fixé à la taille. Le sujet part les genoux fléchis, dos droit et mains sur les hanches. Ce test mesure la force concentrique des membres inférieurs. Ce test est une amélioration du Sargent-test.

Résultats <30cm = **faible** /40cm=**moyen**/50cm à 60cm= **bon**/60cm à 70 cm= **très bon**/

➤ 80cm=**excellent**.

Les tests de détente verticale ou de lancer sont nombreux, ils sont susceptibles de rendre compte de l'évolution des qualités musculaires du pratiquant

Les exercices de vitesse

⇒**Le test sur 30 mètres pour les 7 et 12 ans** : Départ debout, on double le temps du sujet. Le résultat indique le temps mis pour parcourir la distance, ainsi que la vitesse moyenne sur 30m. Cela reflète la capacité de faire durer la puissance anaérobie alactique très élevée.

On peut retrouver le même test en natation sur 15 mètres

⇒**Le test de l'endurance du système des phosphagènes** : mesure la possibilité de durer le plus longtemps possible dans la voie métabolique anaérobie alactique. Course de vitesse sur 10 à 20 secondes. Ex : 40m en 4 secondes = 10 mètres à la seconde

100m en 12 secondes = 8.33m/seconde

Le rapport est égal à $8.33/10 = 0.83$, ce qui est une endurance alactique faible. On doit se rapprocher au maximum de 1 pour avoir de très bons résultats.

2. EVALUATION DU SYSTEME GLYCOLYTIQUE ANAEROBIQUE

Rappel : Le système glycolytique permet de fournir un effort d'une grande intensité entre 30 secondes à pleine puissance et 2 minutes en capacité. Ces tests produisant une importante production de lactates doivent s'adresser à des sportifs confirmés. Ils sont donc à éviter chez les jeunes.

⇒**Le test de Lemon** : sur une piste d'athlétisme balisée chaque 50 mètres, le sujet doit courir à la vitesse la plus élevée un 500 mètres. On chronomètre le 2^e 50 mètres et le dernier 50 mètres. On calcul la différence, l'objectif étant d'obtenir la plus petite différence. Cela donne un indicateur du potentiel anaérobie lactique.

Ce test peut être reproduit dans d'autres disciplines, sur des groupes musculaires spécifiques, etc...

3. EVALUATION DU SYSTEME AEROBIE

Rappel : Les processus aérobie permettent de fournir des efforts de longue durée dont l'intensité est limitée par la consommation maximale d'oxygène et la fatigue musculaire.

⇒ **Le test de Cooper :** c'est le plus connu, c'est un jeune médecin de l'armée américaine, Kenneth Cooper qui le met au point en 1968 (le régiment de Thionville réalise actuellement sa sélection avec ce test en particulier). Il s'agit de parcourir la plus grande distance possible durant 12 minutes sur une piste balisée à chaque 50 mètres. C'est un test difficile car la méconnaissance de l'allure, la résistance au stress, le degré de motivation influence les résultats.

⇒ **L'épreuve de course de 2400 mètres de Cooper :** le sujet doit aller le plus vite possible sur la distance. Les résultats sont comparés avec le tableau de Cooper.

⇒ **Epreuve de course navette de 20 m à palier de 1mn :** Dans un gymnase ou sur un terrain baliser deux lignes espacées de 20 mètres. Le protocole comporte la lecture d'une cassette enregistrée qui donnera l'allure par des bips. A chaque bip, le pied se bloque sur la ligne d'un côté et de l'autre du gymnase (allers-retours). Le rythme augmente par palier toutes les minutes. On peut lire ensuite son estimation de VO₂ max en fonction du palier atteint.

On peut réaliser ce test sur une piste avec un balisage tous les 50m, ou changer les paliers qui peuvent aller jusqu'à 2 minutes.

Autres tests

⇒ **Epreuve progressive de course sur piste avec paliers de 2mn (Léger-Boucher, 1982) :**

⇒ **Le test de Brue**

⇒ **Le Vameval**

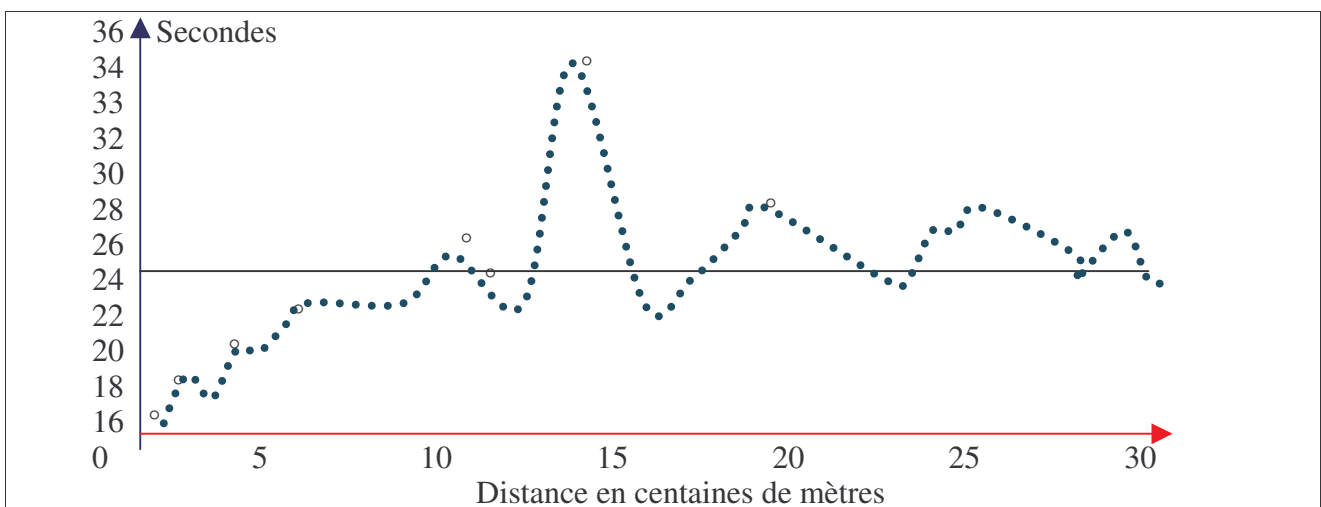
Les tests de terrain sont valides, fidèles et facile à mettre en place. De plus ils se déroulent dans conditions similaires à la compétition. Mais pour l'approche des pratiques sportives informationnelles, les résultats de ces tests doivent être complétés par l'observation du pratiquant en situation compétitive.

L'OBSERVATION

Les situations où s'élabore la performance (matches, concours, épreuves) sont riches d'enseignements. L'éducateur choisira d'observer des situations élémentaires, avec des règles aménagées, en temps restreint, à effectifs réduits.

Deux exemples :

Une course prolongée (test de Cooper pour un joueur de tennis)



Pour une épreuve qui requiert un investissement énergétique maximal bien maîtrisé, la nécessaire connaissance des allures en course passe par l'apprentissage d'une vitesse régulière

Chez le débutant. On le voit sur cette courbe que le sujet à un départ trop rapide, ensuite c'est le coup de massue, baisse progressive de l'allure et lutte contre la fatigue pour rester dans le déroulement de l'épreuve. Mauvaise gestion de son effort, de sa course, il ne se connaît pas.

L'observation des sports collectifs.

Si la condition physique des joueurs n'est pas d'un très bon niveau, le nombre d'actions de grande intensité qu'ils réalisent diminue et le temps de récupération marchée augmente. Le footballeur non porteur du ballon se « cachera » derrière l'adversaire et participera moins au jeu, le handballeur multipliera les fautes, le volleyeur les maladresses, etc...

Une observation de leur efficacité offensive à travers une fiche d'observation peut donner une « photo » de chacun des joueurs. Cela conduira l'éducateur à proposer des séances axées sur l'engagement physique.

Nom : ZIDANE					
Date :	Balles reçues	Balles conquises	Balles perdues	Passes au tireur	Tirs
	30	2	29	3	1

Les situations d'observation approchent, par des critères variés, les aspects qualitatifs de la performance du pratiquant (mobilisation des ressources énergétiques, biomécaniques et informationnelles. Dans le domaine de la préparation physique, les techniques d'observation aident l'éducateur à choisir des objectifs et à définir des charges ajustées aux possibilités du pratiquant. Une évaluation qui se répète « dessine » l'état de forme du sujet.

La détermination des objectifs d'entraînement

Introduction

Entraîner c'est **préparer un programme** avec des contenus de séances adapté à l'individu. Mais avant l'éducateur doit se centrer résolument sur les motivations des pratiquants.

Quels objectifs d'entraînement ?

Les A.P.S. sont motivantes par elles-mêmes ; pourtant certains pratiquants abandonnent. L'entraîneur devrait prendre connaissance des nombreuses raisons qui poussent le public auquel il s'adresse à pratiquer ou à abandonner.

L'enfant sportif prend plaisir à manifester une compétence, à se perfectionner dans des activités ou à rechercher une approbation sociale. L'adulte a des motivations identiques, mais il attribue à une même activité sportive des significations très différentes. Ainsi nager est considéré selon le cas comme un sport de performance, un sport de formation ou comme un moyen de réhabilitation.

L'objectif mobilise l'émotion du pratiquant. Ainsi, la réussite de buts réalistes renforce la confiance en soi et le sentiment de compétence du pratiquant et par là son adhésion explicite. L'enfant recherchera une satisfaction immédiate, obligeant l'éducateur à œuvrer dans une perspective à court terme. Les projets à long terme ne motivent que les adultes et adolescents.

L'entraînement

Le problème de l'entraînement se pose depuis les J.O. de l'antiquité. C'est après la seconde guerre mondiale qu'apparut une approche méthodique de l'entraînement. L'apport des sciences (physiologie, biologie, biomécanique, psychologie, sociologie) permit l'apparition d'une méthodologie de l'entraînement selon les sports pratiqués.

La discipline pratiquée

L'analyse de la discipline permet à l'entraîneur de connaître à quels types d'effort fait appel le sport pratiqué par l'athlète. Il va savoir à quels types de dépense énergétiques est liée sa pratique. Dans ce cadre on peut distinguer des sports soumis à des efforts continus ou à des efforts intermittents. Ex :

Sports à efforts continus	Sports à efforts intermittents
<p style="text-align: center;">Voie Anaérobie Alactique</p> <p>Sports de détente, de vitesse, de puissance, sauts de cheval en gymnastique, etc.</p> <p style="text-align: center;">Voie Anaérobie Lactique</p> <p>400-800 en course, 100-200-400 en natation, le ski alpin, le patinage, la gymnastique (sol-agrès)</p> <p style="text-align: center;">Voie aérobie</p> <p>le ski de fond, les courses de fond, le cyclisme, l'aviron, etc.</p>	<p style="text-align: center;">Ces sports sollicitent à des niveaux différents les trois filières énergétiques.</p> <p style="text-align: center;">Les sports collectifs</p> <p style="text-align: center;">Le tennis</p> <p style="text-align: center;">Le tennis de table</p> <p style="text-align: center;">Les sports de combat</p> <p style="text-align: center;">Etc</p> <p>Ces sports présentent, sur un fond de travail aérobie une succession d'efforts courts et intenses, espacés de temps de récupération</p>

Avec les différentes données, l'entraîneur peut orienter, selon l'âge des joueurs et ses objectifs, son entraînement et sa planification. Bien sûr la préparation physique repose sur les facteurs énergétiques, mais on doit absolument **travailler les facteurs de coordination**, les composantes technico – tactiques posées par la discipline elle-même.

On établit un constat après analyse, après l'évaluation des potentiels. On se fixe ensuite des objectifs planifiés.

Pourquoi planifier ?

L'acquisition des habiletés motrices et le développement des qualités physiques exigent du temps. Une réflexion s'impose aussi sur la durée dans le domaine des acquisitions et dans celui de l'adaptation de l'organisme à l'entraînement.

Nous savons que l'état de forme optimale du sportif est passager. **Le plan d'entraînement est un document écrit**, il reflète les priorités temporaires choisies par l'entraîneur pour développer les différents axes de travail qui vont tendre vers la performance. **Le plan d'entraînement fera l'objet d'un travail permanent d'élaboration et de réajustement.**

La planification est une anticipation des résultats à partir du constat de l'environnement social et matériel dans lequel se déroule la préparation (motivation, niveau physique de départ en début de saison, les objectifs à atteindre, les conditions matérielles). Mais l'élément central reste le calendrier officiel des compétitions. Sa préparation repose sur l'identification de l'activité sportive de performance.

Ex : Planification des objectifs prioritaires de formation physique pour des jeunes joueurs.

OBJECTIFS	SEPT/OCTO/NOV/DEC PERIODE DE PREPARATION FONCIERE	JAN/FEV/MARS PERIODE DES COMPETITIONS PREPARATOIRES	AVR/MAI/JUIN/JUIL/AOUT PERIODE DE COMPETITION
ENDURANCE	40%/50%	30%	30%
VITESSE.DETENTE	10%	30%	10%
COORDINATION.ADRESSE	20%	20%	60%
RENF. MUSCU.ETIREMENTS	10%/20%	20%	
NB DE SEANCES HEBDOMADAIRES	2 à 4	2 à 4	1 à 2
RAPPORT PREPAR.PHYSIQUE/TENNIS	1/1	1/3	1/5

Pour de nombreux sports tels que, l'athlétisme, la natation, l'aviron, le cyclisme, la saison est découpée en deux temps : les compétitions hivernales et les compétitions estivales. L'objectif de forme optimale du pratiquant est guidé par ces deux périodes.

Pour les sports collectifs ou le tennis par exemple, les compétitions se déroulent sur plusieurs mois. L'activité de programmation doit s'organiser sur les différents rendez vous importants dans la saison.

Les objectifs d'entraînement à choisir

L'éducateur devra choisir les thèmes prioritaires à développer. Si le nombre de séances est réduit pour diverses raisons, le choix des objectifs est plus risqué ainsi que celui des résultats.

Doit-on attribuer plus d'importance à la préparation physique ou à la préparation spécifique ?. On sait que l'entraînement général améliore la forme physique et augmente les capacités fonctionnelles du pratiquant. Il sera indispensable pour l'éducateur de programmer une préparation physique généralisée structurée dans sa planification.

Il est reconnu que si on ne pratiquait que son activité spécifique, on ne pourrait pas atteindre son plus haut niveau personnel !. Des expériences attestent de la justification de cette préparation :

Deux groupes de jeunes sprinters ont travaillé avec une programmation différente. Le premier groupe a eu comme base de travail : l'endurance(60%), exercices de détente et vitesse(25%), Activités diverses(15%).

Le second groupe a eu un travail axé sur l'endurance(25%) et les exercices de détente et vitesse représentaient 60%.

Après analyse des résultats, on s'aperçoit que le groupe qui progresse le moins à court et long terme est celui qui a entamé la spécialisation précoce(le second groupe).

Les objectifs

- Définir un objectif, consiste à fixer avec une grande exactitude le but souhaité qui sera atteint dans une période déterminée :

Etre au sommet de sa forme physique durant la coupe du monde de football, ou durant les championnats du monde d'athlétisme ou pour la période du régional de natation demande les mêmes principes de planification. L'entraîneur ne doit pas se tromper, car être en forme trop tôt ou trop tard, change toutes les données pour l'athlète ou l'équipe.

L'objectif principal

- C'est le but de la saison, l'aboutissement final de la saison. Celui-ci se termine *normalement* par l'accomplissement de la performance envisagée. Pour cela il faut envisager une notion de long terme.

Les principes d'entraînement

Les principes d'entraînement sont issus directement des données fondamentales et sont le lien entre la théorie et le terrain.

L'entraîneur doit s'y référer quotidiennement avant de construire un programme. La charge représentée par la notion d'effort/récupération en constitue la base centrale. C'est la mise en place des différentes charges de travail qui crée un état de désordre physiologique nécessitant une adaptation organique (stimulus).

Exemple : Plan de Frédéric

Lundi : 30' de footing + 2 x 3 x 300m en 52'' rc 1' / RC 5' (récupération active) + 15' de récupération et souplesse.

Mardi: 65' de footing (130fc/140fc) et étirements

Mercredi: 30 de footing + 3 x 10' au seuil anaérobie rc 4' au trot

Jeudi 60' de footing à 130/145 fc

Vendredi : Repos

Samedi : 30' de footing et 400(68'')-500(1'25'')-600(1'40'')-800(2'20'')-800-600-500-400 rc active 1' 30''/2'/2'30''/3'00'' et 15 ' de récupération.

Dimanche : 30' de footing à 130 fc + 15' à 160fc +15' récupération à 130 fc et Préparation physique généralisée(PPG).

La caractéristique de la charge mesure de l'intensité est plus complexe que la mesure de la quantité, car elle doit sans cesse se référer aux capacités maximales du sujet, qui ne sont pas toujours mesurables.

D'où le recours fréquent à deux formes différentes de mesure de l'intensité, qui procèdent de deux concepts importants :

- **La charge interne**

La charge externe est la mesure de ce que fait l'athlète : par exemple lorsque Jennifer effectue un parcours sur son vélo à la vitesse de 42 km/h. Mais cet exercice, normal pour une athlète de niveau national représente par contre une tâche à la limite de l'agonie pour un amateur qui débute (le bon père de famille qui ne sort le vélo que le dimanche)



Il est donc nécessaire, pour mieux évaluer ce qui se produit chez un athlète, de mesurer également la **charge interne** (la fatigue réelle qu'il éprouve). On s'aperçoit alors que choisir une même charge interne pour un débutant et un athlète de haut niveau revient à choisir deux charges externes différentes.

Si on prend le cas de la course à pied, une allure unique de 14 km/h(charge externe) en footing pour Eric, Lahouari, Marc, Bruno et Philippe représentera différentes charges internes. On peut dire que la charge externe est mesurable, à l'inverse l'organisme subit la charge interne.

- La nature de la charge
Une charge de travail est spécifique si elle sollicite les mêmes régulations neuro-musculaires que l'activité pratiquée.
- **La durée de la charge** : c'est la durée de l'exercice ou des exercices organisés en répétitions et en séries.
- **L'intensité de la charge** : détermine les adaptations organiques très spécifiques. C'est le degré de difficulté de l'exercice.
- **La répétition des exercices** et de la récupération entre ceux-ci : nous savons que toute charge sollicite les processus de récupération. Ceux-ci influencent l'organisation des exercices proposés au cours de la séance ainsi que leurs fréquences.

La croissance de la charge

- Elle repose sur l'augmentation progressive de la charge (durée, intensité, récupération).

Continuité de la charge

- Après un arrêt dû à une blessure ou une démotivation, la capacité de performance décroît. Ce qui est acquis lentement (la capacité pour les efforts énergétiques) régresse lentement. Ce qui est acquis rapidement (la puissance) disparaît rapidement. Les acquis techniques sont plus stables que les acquis énergétiques (le geste en volley reste précis mais on « perd » le souffle).

L'organisation de l'entraînement en périodes

La structuration de l'entraînement consiste à intégrer ses différentes composantes en un processus cohérent qui assure son unité. Avant de détailler la planification d'un programme, vous ne devez pas oublier en tant que futurs éducateurs :

- qu'un enfant ou débutant récupère plus lentement qu'un adulte ou un sportif confirmé.
- Qu'avec des procédés de récupération adéquats, les sportifs peuvent supporter des charges d'entraînement supérieures de 15 à 30 %.
- Il est important d'avoir un travail varié, plus riche en situations pédagogiques, en lieux agréables, en diversité. Cela permet une meilleure motivation, une récupération plus rapide des capacités fonctionnelles du S.N.C
- De savoir que la plus grande activité des processus biologiques et la plus grande capacité de travail se situent entre 10h et 13h , et 17 et 20h.

L'agencement des exercices qui sont les unités de base du processus d'entraînement constitue l'organisation de la séance.

Structure générale de la séance :

La capacité de travail augmente progressivement en début de séance pendant la période d'échauffement qui stimule le S.N.C et active les fonctions végétatives. Cette période se traduit par une amélioration de la coordination motrice, une amélioration du rendement énergétique, un gain de flexibilité.

La période d'échauffement se divise en trois parties :

1. Echauffement général qui stimule les systèmes fonctionnels les plus importants.
2. Echauffement spécifique de l'activité qui stimule l'ensemble des composantes mises en jeu dans la pratique de telle ou telle activité.
3. Echauffement spécifique de la séance qui stimule d'une façon ciblée ou élective les systèmes directement concernés par la partie principale de la séance.

Après une séance, il reste la partie terminale de celle-ci qui sera constituée par un retour au calme. On se dirige vers l'état initial, on peut travailler la récupération active(léger footing) et insister sur la souplesse et la flexibilité. Des massages, des bain chaud, des jacusis , des saunas peuvent agrémenter la fin d'une séance. Bien sûr on se doit de boire beaucoup d'eau et avaler quelques fruits secs ou des collations sucrées.

La séance

La quantité d'effort investie dans une séance est l'un des principaux facteurs de son efficacité : plus elle est importante, plus les systèmes fonctionnels sont sollicités, plus l'homéostasie est troublée, plus longue sera la durée des processus de récupération. Selon l'objectif que vous mettez en place, la séance sera différente(récupération, travail, technique, général, physique, etc).

Plusieurs séances dans une semaine seront nécessaires, selon le niveau et l'âge du sujet. Bien sûr on ne travaille pas toute l'année de la même manière ni à la même intensité On est ainsi amené à distinguer trois périodes de préparation de durée différente dans la programmation et la période de l'entraînement.

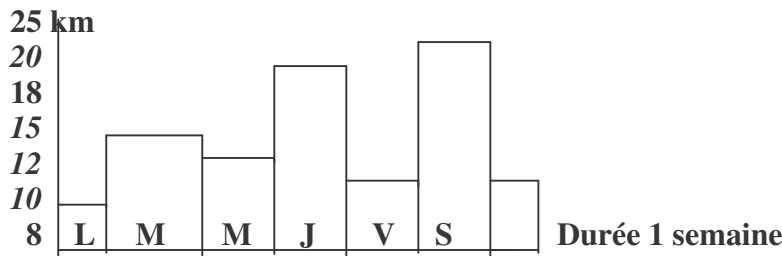
4. **Le micro-cycle (petit cycle)**
5. **Le mésocycle (cycle moyen)**
6. **Le macrocycle (grand cycle)**

1)Le Micro-cycle est généralement d'une durée d'une semaine, pour des raisons biologiques et sociales. Le nombre d'unités d'entraînement d'un micro-cycle peut aller de 2 séances pour le sport loisir et atteindre 18 voire 20 séances pour le haut niveau (Matveev).

Il faut alterner charge et récupération pour travailler avec efficacité.

On peut trouver 4 micro-cycles :

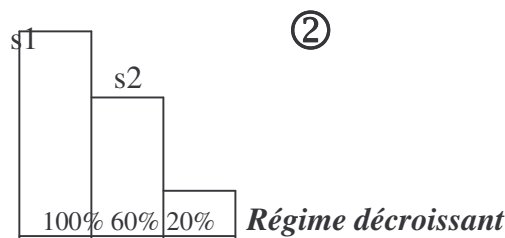
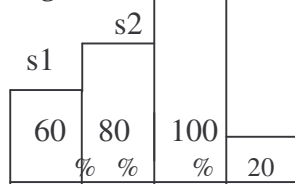
1. **Microcycle de préparation** : à pour but la recherche de la quantité maximale de charge, avec une intensité modérée.
2. **Microcycle de pré-compétition** : Il est caractéristique de la période de compétition, de l'étape spéciale de la phase préparatoire. Le travail diminue lentement mais l'intensité augmente pour sa phase maximale. On peut y placer des compétitions.
3. **Microcycle de compétition** : La quantité de travail se réduit brusquement, on peut aussi prévoir de repos relatif. Dans cette phase on doit amener l'athlète dans un état de fraîcheur psychologique et lui apporter la plus grande quantité possible d'énergie biologique. On peut y incorporer des moments de récupération, de relâche, de régénération.
4. **Microcycle de compensation** : La charge accumulée dans les phases précédentes exige de l'organisme une grande dépense d'énergie. C'est pourquoi ce microcycle comporte une diminution drastique de la quantité et de l'intensité du travail pouvant aller jusqu'à 70% de moins par rapport aux autres cycles. La fréquence de ce cycle est de 1 pour 3 ou 1 pour 4. Pendant la phase de compétition, ce rapport est de 1 pour 2.



2) **Le Mésocycle** Peut comprendre l'organisation de 2 à 6 semaines d'entraînement (2 à 6 microcycles). Il faut retrouver dans ce mésocycle : une croissance continue et ininterrompue de la charge, depuis la période préparatoire jusqu'à la période de compétition. Le mésocycle avec une augmentation croissante sur 3 semaines et un repos relatif en semaine 4 convient très bien pour les sports de longue durée (cyclisme, course, aviron, natation, etc.).

Durée 2 à 6 semaines

Régime croissant



Des mésocycles avec trois semaines conviennent particulièrement aux disciplines de force, de vitesse (100m, 200m, 400m plat, le kilomètre en vélo, etc..)

Les mésocycles peuvent être classés selon les types ci-après :

Mésocycle de préparation : Augmentation de la charge de travail

Mésocycle de contrôle : Avec des compétitions de contrôles ou des tests, situés en fin de préparation.

Mésocycle de compensation : Ils viennent après des périodes très lourdes de travail, le but étant de faire de la fraîcheur avec des séances allégées.

3) **Le Macrocycle** est un cycle qui englobe plusieurs mésocycles. Sa durée peut aller de trois mois à 12 mois. Il comprend trois périodes fondamentales

1. La période préparatoire
2. La période des compétitions
3. La période de transition

- **La période préparatoire** : a pour objectif d'élever les capacités de l'athlète (Période foncière pour les sports énergétiques, travail en capacité. Cette période se divise en deux grandes étapes :
 1. Une étape fondamentale préparatoire
 2. une étape spéciale

Dans la première, il y a une nette prédominance des exercices à caractère général sur les exercices à caractère spécifique avec une élévation progressive.

Dans l'étape spéciale on essaye de faire coller la technique sportive et la charge spécifique, pour préparer à la performance optimale.

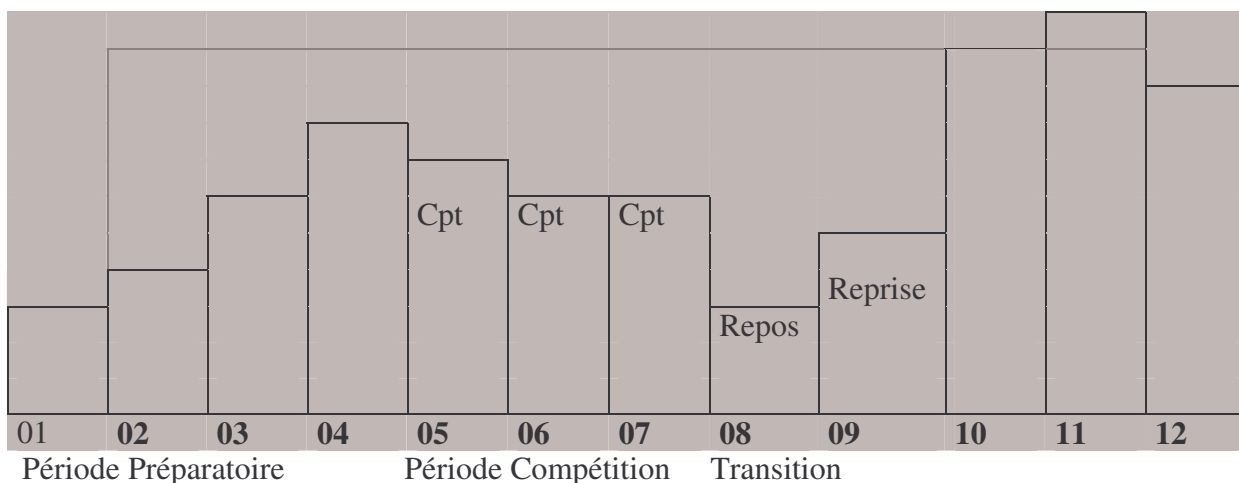
- **La période de compétition** : durant cette période, l'objectif est d'obtenir un rendement maximum du travail accompli en amont. La participation à des compétitions est recherchée pour maintenir le degré de forme à un niveau de rendement maximum. Attention aux épreuves de travail en anaérobic lactique, car dans cette voie la forme arrive très vite et peut disparaître très rapidement aussi.

L'énergie psychique ne peut provenir que de la participation aux compétitions car elle mobilise toutes les ressources psychologiques et émotionnelles.

On peut penser que l'état de forme atteint son maximum après 10 semaines de participation aux compétitions.

Dans les épreuves de forces on peut compter une compétition par semaine, dans les épreuves de combats ou de « résistance » il faut laisser un intervalle plus long pour récupérer. Dans le domaine du fond on peut participer à 3 semi marathons ou 2 marathons dans l'année et cela concerne le haut niveau.

- **Période de transition** : durant cette période on récupère d'abord, avec une coupe franche dans le kilométrage, dans le nombre de séances. On peut changer d'activités sportives (tennis, Vélo, natation, marche, foot, volley). Le repos est le meilleur moyen de récupération, on peut y ajouter des soins thermaux, des massages et surtout on pense à autre chose. Prendre 2 à 4 semaines de vacances en travaillant légèrement son aérobie et en entretenant sa souplesse ou sa force n'est pas contre-indiqué.



3) **Le Macrocycle** est un cycle qui englobe plusieurs mésocycles. Sa durée peut aller de *trois mois à 12 mois*. Il comprend trois périodes fondamentales.