

# Sports d'endurance en montagne – Les *clés* de la *réussite* –



François Nicot

<http://securite-en-montagne.e-monsite.com>

## **Sports d'endurance en montagne : les clés de la réussite**

Ce thème sera décliné en 5 volets, chaque volet faisant donc l'objet d'une conférence-débat. L'idée est de favoriser au cours de ces soirées une ambiance d'échanges, constructive et conviviale.

Les sports concernés sont essentiellement :

course à pied, trail, ski de fond, ski-alpinisme, cyclisme

Horaire : 20h00 – 22h00

Lieu : salle Veyton, Allevard

Entrée gratuite

## Programme :

### **Vendredi 18 décembre 2015**

Spécificités physiques de l'environnement montagnard

F. Nicot

### **Vendredi 15 janvier 2016**

Principes physiologiques des sports d'endurance : peut-on tous performer ?

F. Nicot

### **Vendredi 05 février 2016**

Effets de l'altitude sur la performance : le cumul des stress

F. Nicot

### **Vendredi 11 mars 2016**

Sports et nutrition : principes généraux et règles pratiques

F. Nicot

### **Vendredi 15 avril 2016**

Pathologies sportives : prévention et gestion des blessures

F. Nicot, avec les interventions de médecins du sport, kiné, ostéopathe, podologue

# Principes physiologiques des sports d'endurance

- Principes généraux de l'entraînement
- Monde aérobie : Puissance & Endurance
- Planification de l'entraînement
- Quelques repères pratiques

# On en est où ?

## ➡ Principes généraux de l'entraînement

➡ Monde aérobie : Puissance & Endurance

➡ Planification de l'entraînement

➡ Quelques repères pratiques

# Le pratiquant, au cœur du débat

Facteurs psychologiques  
Représentations mentales

Cadre de vie

Motivation  
(intrinsèque / extrinsèque)

Disponibilité  
(profession, famille, ...)

« Objectifs réalistes »

Potentiel d'état  
et de progrès

Habiletés physiques, techniques, tactiques

A male runner in a black jacket and shorts is running on a grassy trail in a mountainous, foggy landscape. He is wearing a backpack and using trekking poles. The image is overlaid with several white text boxes containing information about nutrition, muscle power, heat regulation, and posture, connected by red curved arrows.

## Alimentation

- ✓ Nature et choix des aliments
- ✓ Fréquence, quantité

## Puissance musculaire (quantité et qualité des fibres musculaires)

- ✓ Quantité de fibres musculaires
- ✓ Qualité des fibres musculaires
- ✓ Disponibilité des substrats
- ✓ Apport en oxygène

## Régulation de la chaleur

- ✓ Equipement
- ✓ Hydratation  
(nature, fréquence, quantité)

## Gestion des appuis Contrôle postural

- ✓ Disponibilité musculaire
- ✓ Aisance musculaire
- ✓ Connaissance du milieu
- ✓ Technique

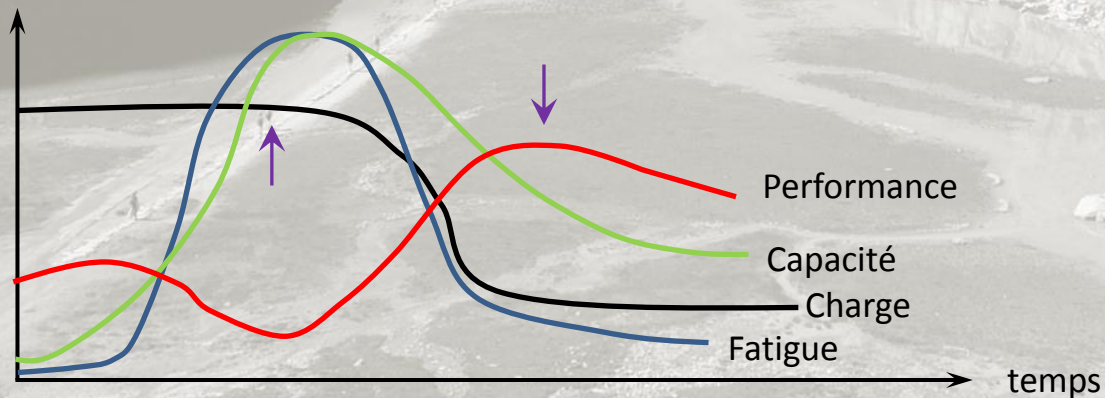
# Les grands principes de l'entraînement (1)

**Charge d'entraînement = Quantité x Intensité**

Planifier la charge d'entraînement → gérer alternance entre Travail et Récupération

Conséquence de l'entraînement :  
→ améliore les capacités / habiletés physiques  
→ induit de la fatigue

**Performance = Capacité - Fatigue**





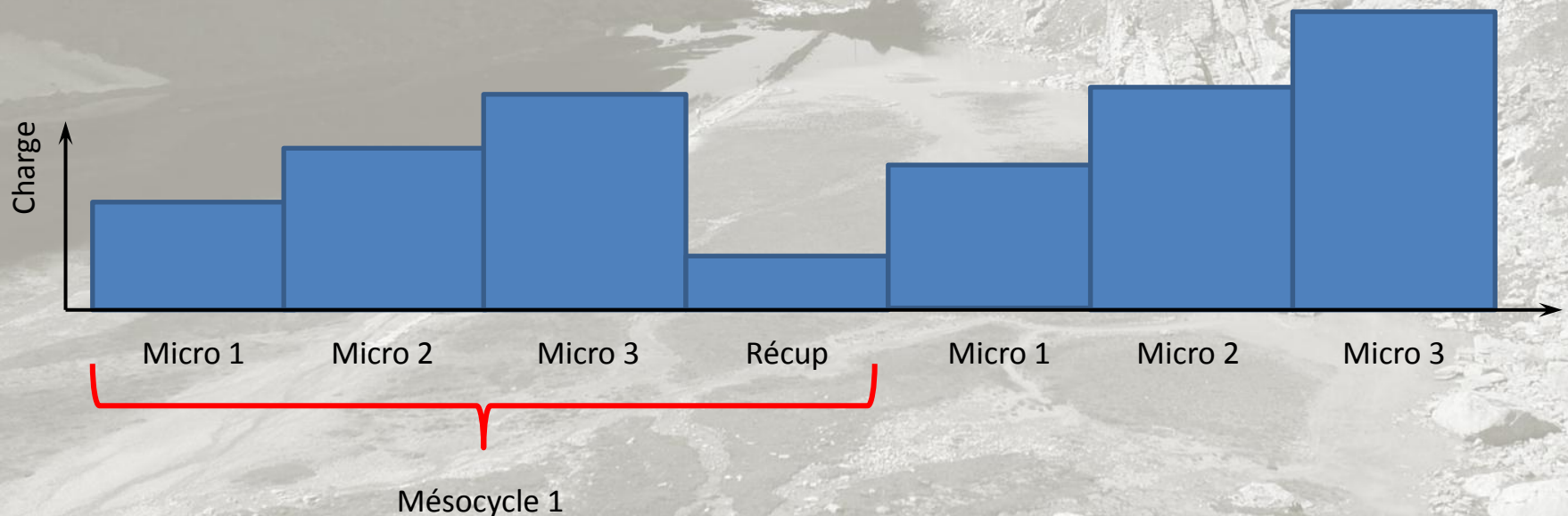
# Les grands principes de l'entraînement (2)

Saison annuelle : 1 à 3 macrocycles séparés par des objectifs de compétition

Macrocycle : 2 à 6 mésocycles

Mésocycle : ensemble de 3 semaines (microcycles) terminé par un cycle de récupération

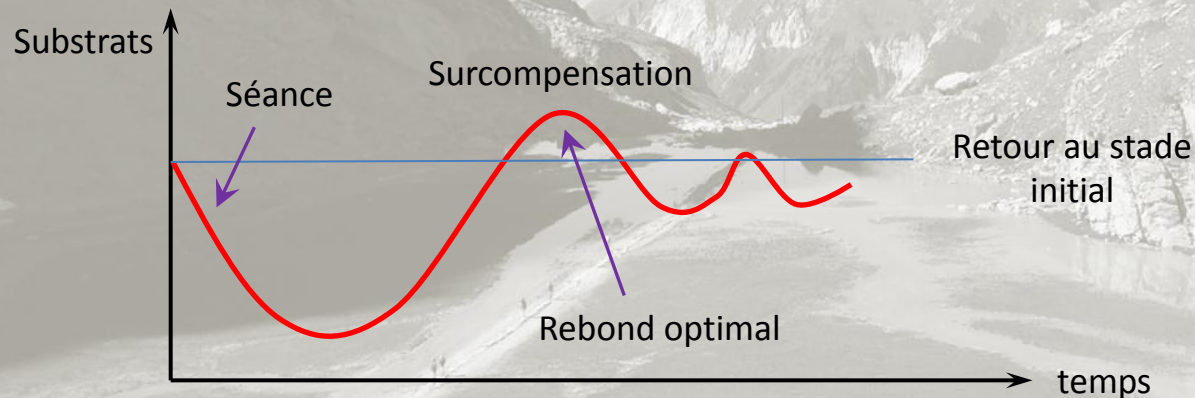
Microcycle : Unité de base de l'entraînement (semaine)



# Les grands principes de l'entraînement (3)

Comment construire un microcycle (semaine d'entraînement) ?

- **Progressivité** (on augmente d'abord le volume, puis l'intensité)
- **Alternance** (dans le volume, l'intensité et la nature des séances)
- **Spécificité** (courir souvent pour courir vite et longtemps)
- **Surcharge / Surcompensation**



Attention au surentraînement !

Gestion du sommeil, de la récupération, de l'alimentation

Etirements ( 30 min / jour minimum... )

# Les déterminants du Trail

Milieu montagne (altitude, climat, type de terrain, orientation)

Endurance extrême (distance, D+ et D-)

Ruptures de rythme, transitions montée/descente

Montée → puissance aérobie (VMAa)

Descente → solidité musculaire (collagène musculaire)

Plat → vitesse de course (VMA)

Maîtrise de la trajectoire

Stabilité des appuis

Résistance mentale

Gestion de l'effort (savoir doser son effort sur le long terme)

Gestion nutritionnelle

Gestion de l'équipement

# On en est où ?

- ☞ Principes généraux de l'entraînement
- ☞ **Monde aérobie : Puissance & Endurance**
- ☞ Planification de l'entraînement
- ☞ Quelques repères pratiques

# Quelques définitions

**Endurance** : Capacité à exercer sur une longue période un travail musculaire en filière aérobie (avec oxygène)

*Ex. Puis-je courir longtemps ?*

**Puissance aérobie** : Puissance que peut produire un travail musculaire en filière aérobie

*Ex. Puis-je courir vite pendant au moins 6 minutes ?*

**VMA** : Vitesse Maximale Aérobie

*C'est la vitesse maximale à laquelle je peux courir pendant (~) 6 minutes*

**VMAa** : Vitesse Maximale Aérobie ascensionnelle

*C'est la vitesse ascensionnelle maximale (dénivelé / minutes) à laquelle je peux courir pendant 6 minutes*

**T<sub>lim</sub>** : Durée limite pendant laquelle je peux maintenir la VMA (de 4' à 11')

**Seuil anaérobie** : Pourcentage de la VMA à partir duquel il y a dérive de la concentration en lactates (~ 80 %)

# Le monde aérobic

✓ L'**endurance** aérobic (courir longtemps)

➔ Indice d'endurance

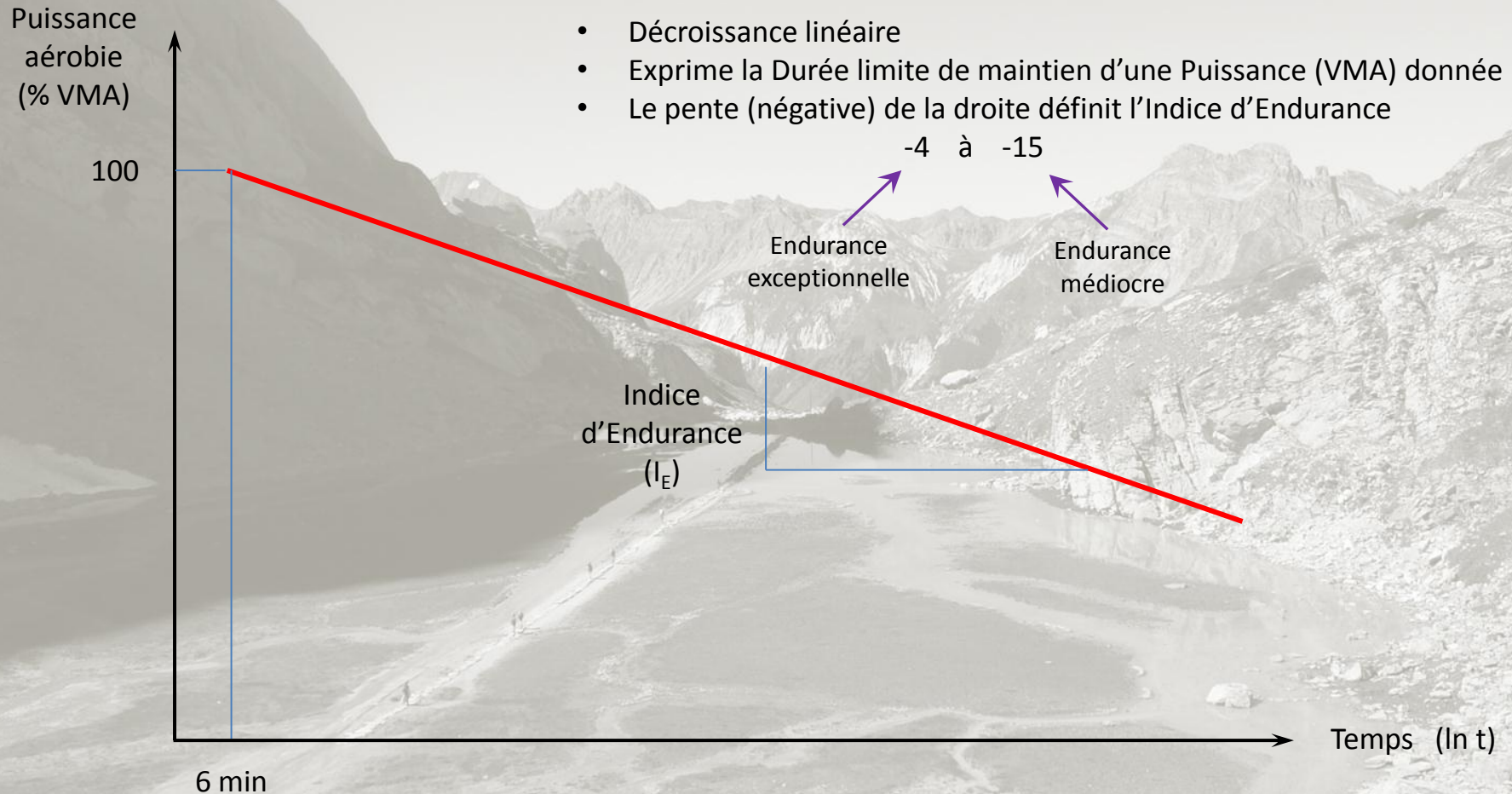
✓ La **puissance** aérobic (courir vite sur une durée > 6 min)

➔  $VO_2^{\max}$

✓ La fourniture en **substrats**

➔ Glycogène, lipides

# Endurance et Puissance aérobies (1)



# Endurance et Puissance aérobies (2)

$$100 \times \frac{V}{VMA} = 100 - I_e \log \frac{t}{6}$$

**t** : temps limite (en min) pendant lequel la vitesse **V** peut être maintenue

ou

$$I_e = \frac{100 \times \left(1 - \frac{V}{VMA}\right)}{\log \frac{t}{6}}$$



# Endurance et Puissance aérobies (3)

## Comment déterminer l'indice d'endurance $I_e$ ?

A partir de la connaissance de :

- la VMA
- la performance (t) sur une distance (D) donnée ( $t, V = D/t$ )



$$I_e = \frac{100 \times \left(1 - \frac{D/t}{VMA}\right)}{\log \frac{t}{6}}$$

ou

A partir de la connaissance de :

- la performance ( $t_1$ ) sur une distance ( $D_1$ ) donnée ( $t_1, V_1 = D_1/t_1$ )
- la performance ( $t_2$ ) sur une distance ( $D_2$ ) donnée ( $t_2, V_2 = D_2/t_2$ )

# Endurance et Puissance aérobies (4)

Ex. VMA = 16.5 Km/h  
Performance sur **10 Kms** : 40 min

t = 40 min

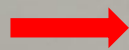
V = (10 / 40) x 60 = 15 Km/h

$$\rightarrow I_e = \frac{100 (1 - V / VMA)}{\log \frac{t}{6}} = \frac{100 (1 - 15 / 16.5)}{\log \frac{40}{6}} = 5.3$$

# Endurance et Puissance aérobies (5)

Estimation de la performance sur une distance donnée :

$$100 \times \frac{V}{VMA} = 100 - I_e \log \frac{t}{6}$$



$$D = t \times VMA \left( 1 - \frac{I_e}{100} \log \frac{t}{6} \right)$$

Ex. VMA = 16.5 Km/h = 275 m/min  
Indice d'endurance : 5.3  
Estimation de la performance sur **semi-marathon** (21,1 Km)

d = 21,1 Km

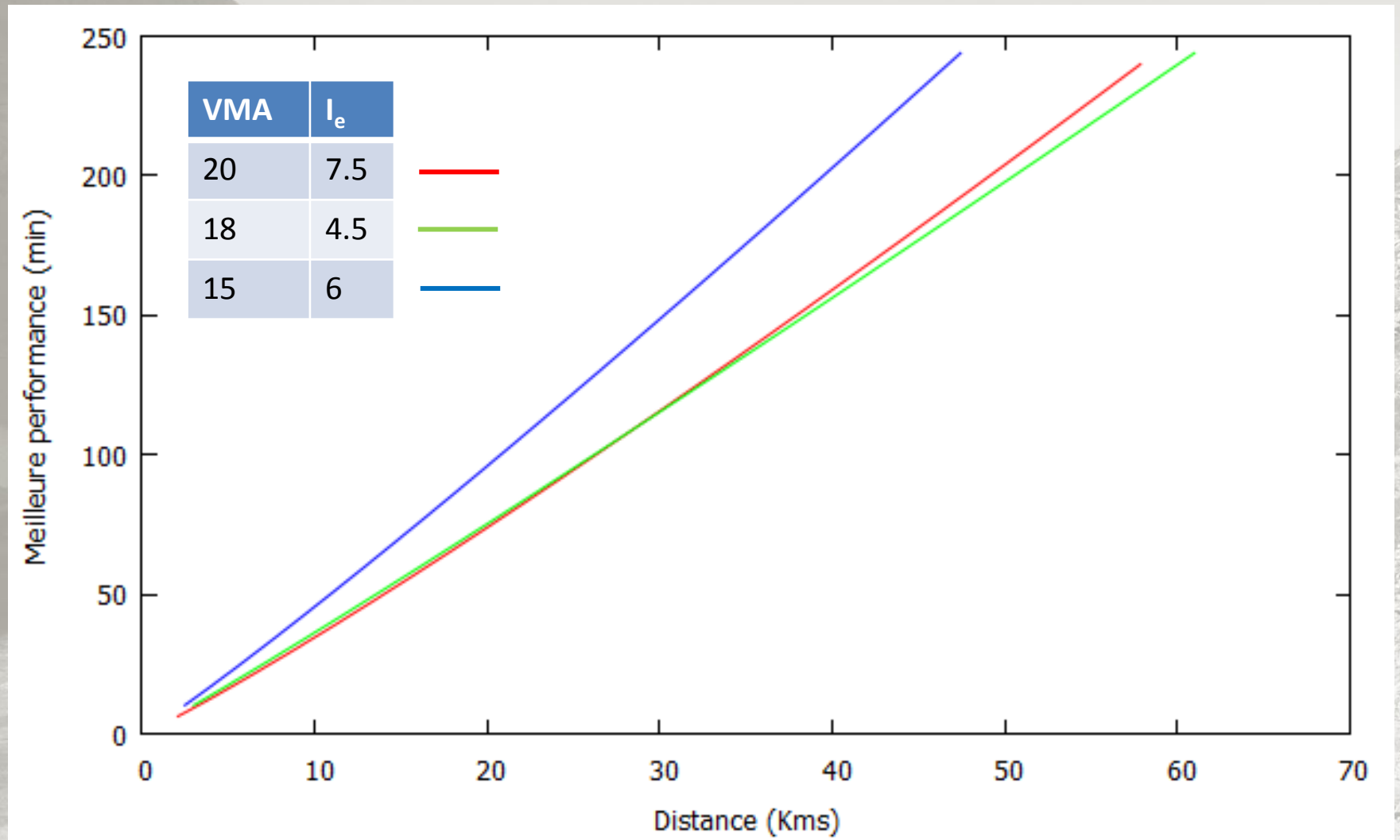


t = 90 min (1 heure 30)

Vitesse maintenue pendant 90 min : V = 14.07 Km/h

Record du monde : 58 min 44 sec

# Endurance et Puissance aérobies (5)



# Les clés de la VMA (1)

## Qu'est-ce que la VMA ?

La contraction musculaire constitue un travail qui exige un apport d'énergie :

ATP → ADP + P + énergie (rôle fondamental joué par le Calcium)

Réserve très limitée d'ATP : exige sa resynthèse

## Resynthèse de l'ATP : 3 filières

**Filière oxydative ou aérobie** (avec **oxygène** → endurance)  
*Durée* : de 5 min jusqu'à plusieurs heures (jours...)

**Filière anaérobie lactique** (sans oxygène, acide lactique → résistance)  
*Durée* : jusqu'à 2 min

**Filière créatine** (sans oxygène, sans acide lactique → sprint)  
*Durée* : jusqu'à 20 secondes

# Les clés de la VMA (2)

**Puissance aérobie = Consommation d'oxygène**

**→ PA =  $VO_2$  (ml/Kg/min)**

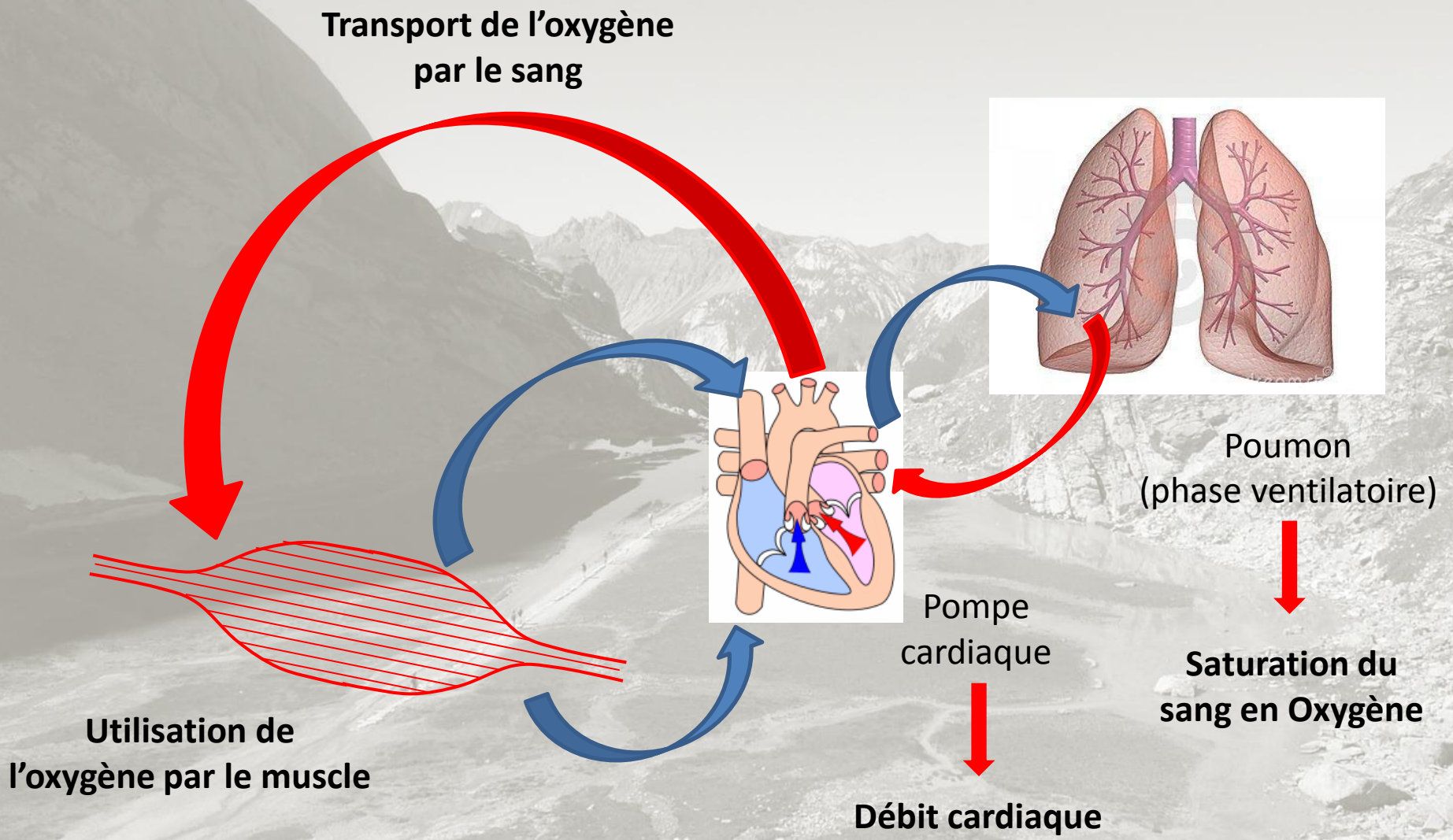
**Puissance aérobie maximale = Consommation maximale d'oxygène**

**→ PAM =  $VO_2^{\max}$  (ml/Kg/min)**

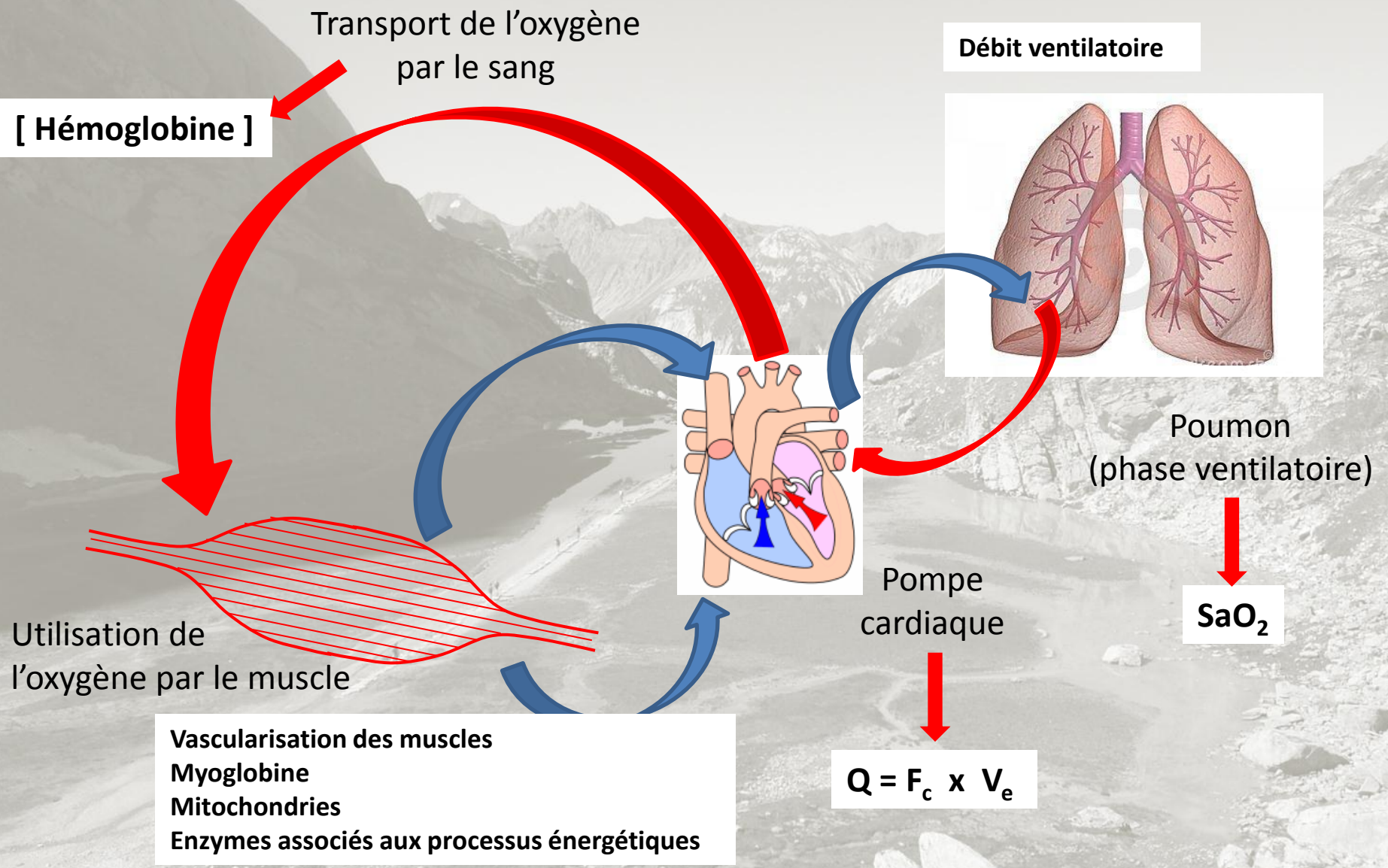
**$VO_2^{\max}$  :**

correspond au débit maximal d'oxygène utilisé au sein des muscles actifs pour assurer leur contraction

# Origine de la Puissance aérobie



# Origine de la Puissance aérobie

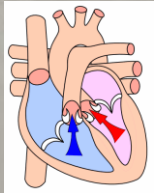




# Les clés de la VMA (4)

## Loi fondamentale de l'hémodynamique : la loi de Fick

$$VO_2 = \text{Débit cardiaque} \times (CaO_2 - CvO_2)$$



### **Facteur central**

(implication de la pompe cardiaque)

$$Q = F_c \times V_e$$

Q : débit cardiaque

$F_c$  : fréquence cardiaque

$V_e$  : volume d'éjection systolique

### **Facteur périphérique**

(utilisation de l'oxygène par les muscles)

$CaO_2 - CvO_2$  : différence artério-veineuse

$CaO_2$  : contenu artériel en  $O_2$

$CvO_2$  : contenu veineux en  $O_2$

$$CaO_2 = SaO_2 \times \text{Transport}_{O_2}$$

Saturation artérielle en  $O_2$

Concentration en  
hémoglobine

Sujets	Fc (bpm)		VES (ml/battement)		Qc (l/min)
Repos					
Hommes non entraînés	72	x	70	=	5,0
Femmes non entraînées	75	x	60	=	4,5
Hommes entraînés	50	x	100	=	5,0
Femmes entraînées	55	x	80	=	4,5
Exercice maximal (à $\dot{V}O_2\text{max}$ )					
Hommes non entraînés	200	x	110	=	22,0
Femmes non entraînées	200	x	90	=	18,0
Hommes entraînés	190	x	180	=	34,2
Femmes entraînées	192	x	125	=	23,9

# Les clés de la VMA (5)

## Les facteurs déterminant $VO_2^{\max}$

$$VO_2^{\max} = \text{Débit cardiaque}^{\max} \times (CaO_2 - CvO_2)^{\max}$$

**Facteur central :**  $Q^{\max} = F_c^{\max} \times V_e^{\max}$

$F_c^{\max}$  élevée

$V_e^{\max}$  élevée (puissance cardiaque)

**Facteur périphérique :**  $(CaO_2 - CvO_2)^{\max}$

$CaO_2$  élevée

- Meilleure perfusion alvéolaire (étape ventilatoire, *hématose*)
- Meilleur acheminement de l'Oxygène jusqu'aux muscles par le sang (étape circulatoire : *hémoglobine*)

$CvO_2$  faible

- Meilleure extraction de l'oxygène par les muscles
- Activité mitochondriale plus performante
- Densité des *mitochondries*, des fibres lentes (I)
- Vascularisation des fibres, *myoglobine*

# Les clés de la VMA (6)

## Comment améliorer la $VO_2^{\max}$ ?

**Facteur central :**  $Q^{\max} = F_c^{\max} \times V_e^{\max}$

$$F_c^{\max} - F_c^{\text{repos}}$$

Fréquence cardiaque de réserve

$$\left\{ \begin{array}{l} F_c^{\max} = 220 - \text{age} < 35 \text{ ans} \\ F_c^{\max} = 206.5 - \text{age} \times 0.685 > 35 \text{ ans} \end{array} \right.$$

➔ Facteur central sollicité par des entraînements **proches de  $VO_2^{\max}$**

Effet de l'entraînement :  $V_e$  ↗

Au repos,  $Q = V_e \times F_c^{\text{repos}}$  est inchangé :  $F_c^{\text{repos}}$  ↘

Une fréquence de repos basse est le témoin d'un  $V_e$  élevé

**Facteur périphérique :**  $(CaO_2 - CvO_2)^{\max}$

➔ Paramètres sollicités par des entraînements en **endurance fondamentale** (60 %  $VO_2^{\max}$ )

# Les clés de la VMA (7)

## De la $VO_2^{\max}$ à la VMA

- La vitesse de course implique à la fois des paramètres énergétiques ( $VO_2^{\max}$ ) et des paramètres techniques (qualité de la foulée, paramètres biométriques).
- Tous les coureurs ayant une même  $VO_2^{\max}$  n'ont pas la même VMA. Car tous n'ont pas la même efficacité de course.
- On définit le coût énergétique du Km/h par le rapport  $VO_2$  / vitesse. Il est en moyenne de 3.5



$$VO_2 = 3.5 \times Vit$$

Eq. de Léger-Mercier



$$VO_2^{\max} = 3.5 \times VMA$$

# Les clés de la VMA (8)

## De la $VO_2^{\max}$ à la VMA

- Plus ce rapport est faible, plus l'efficacité de course est élevée.  
(Le Km/h coûte moins cher à l'organisme en terme d'énergie)



- ✓ Un coureur qui aurait une faible  $VO_2^{\max}$ , mais une efficacité de course élevée, ne rivalisera jamais avec quelqu'un dont la  $VO_2^{\max}$  est bien meilleure !
- ✓ En général, une efficacité de course élevée est souvent le résultat d'un entraînement de qualité ... et donc d'une  $VO_2^{\max}$  plutôt élevée !

- Les facteurs en faveur d'une efficacité de course élevée sont :
  - Rapport Longueur tendons / Longueur muscles élevé
  - Souplesse musculaire faible (mais cela a d'autres inconvénients...)
  - Temps d'appui au sol bref
  - Contrôle de la posture
  - Absence de gestes parasites (« énergie de *gesticulation* »)



Importance de la pratique sur piste

# Derniers mots (maux ?) autour de VMA

## Quelques repères autour de $VO_2^{\max}$

### $VO_2$ de repos

$VO_2 \sim 3.5 \text{ ml/Kg/min}$  (= 1 MET)

### $VO_2^{\max}$

En moyenne, chez les individus, entre 35 et 45 ml/Kg/min  
(= 10 à 13 MET)

Dans l'élite des sports d'endurance : de 70 à 90 ml/Kg/min  
(= 20 à 26 MET)

Plus élevé chez les hommes que les femmes (*actuellement...*)

# On en est où ?

- ☞ Principes généraux de l'entraînement
- ☞ Monde aérobie : Puissance & Endurance
- ☞ **Planification de l'entraînement**
- ☞ Quelques repères pratiques



# Planifier une saison (1)

## Connaître l'athlète

- Ses motivations profondes, intrinsèques et extrinsèques

Que recherche-t-il ?

Quels sont ses objectifs ?

Jusqu'où veut-il aller ?

- Ses contraintes personnelles (liées à la vie privée et la vie professionnelle)

Quelles sont ses disponibilités, au fil d'une saison ?

- Ses déterminants physiologiques (dans le cadre de la course à pied en endurance)

Age, poids, taille

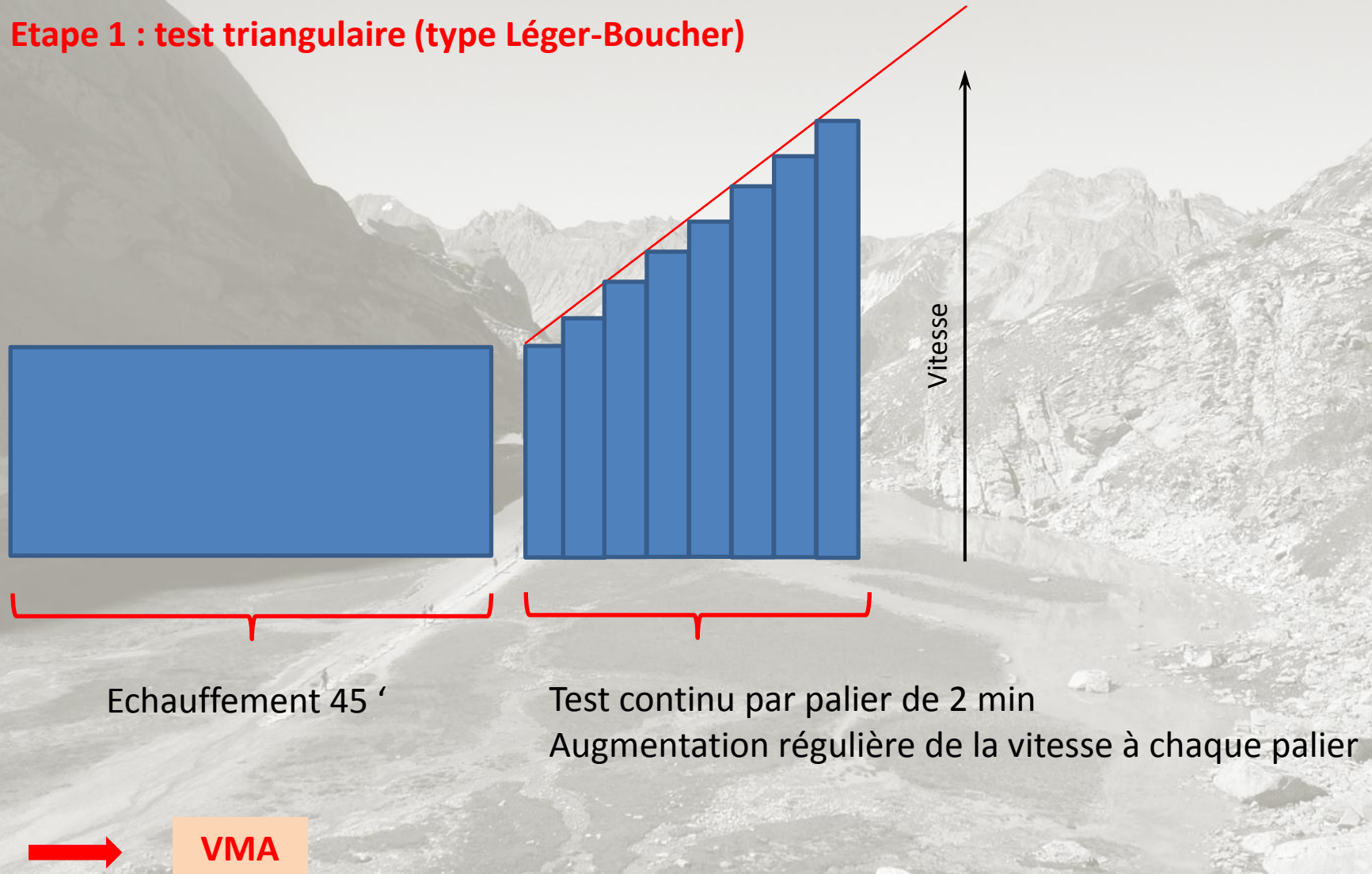
$F_c^{\text{repos}}$ ,  $F_c^{\text{max}}$

$VO_2^{\text{max}}$ , VMA,  $T_{\text{lim}}$  à VMA

Seuil anaérobie, indice d'endurance

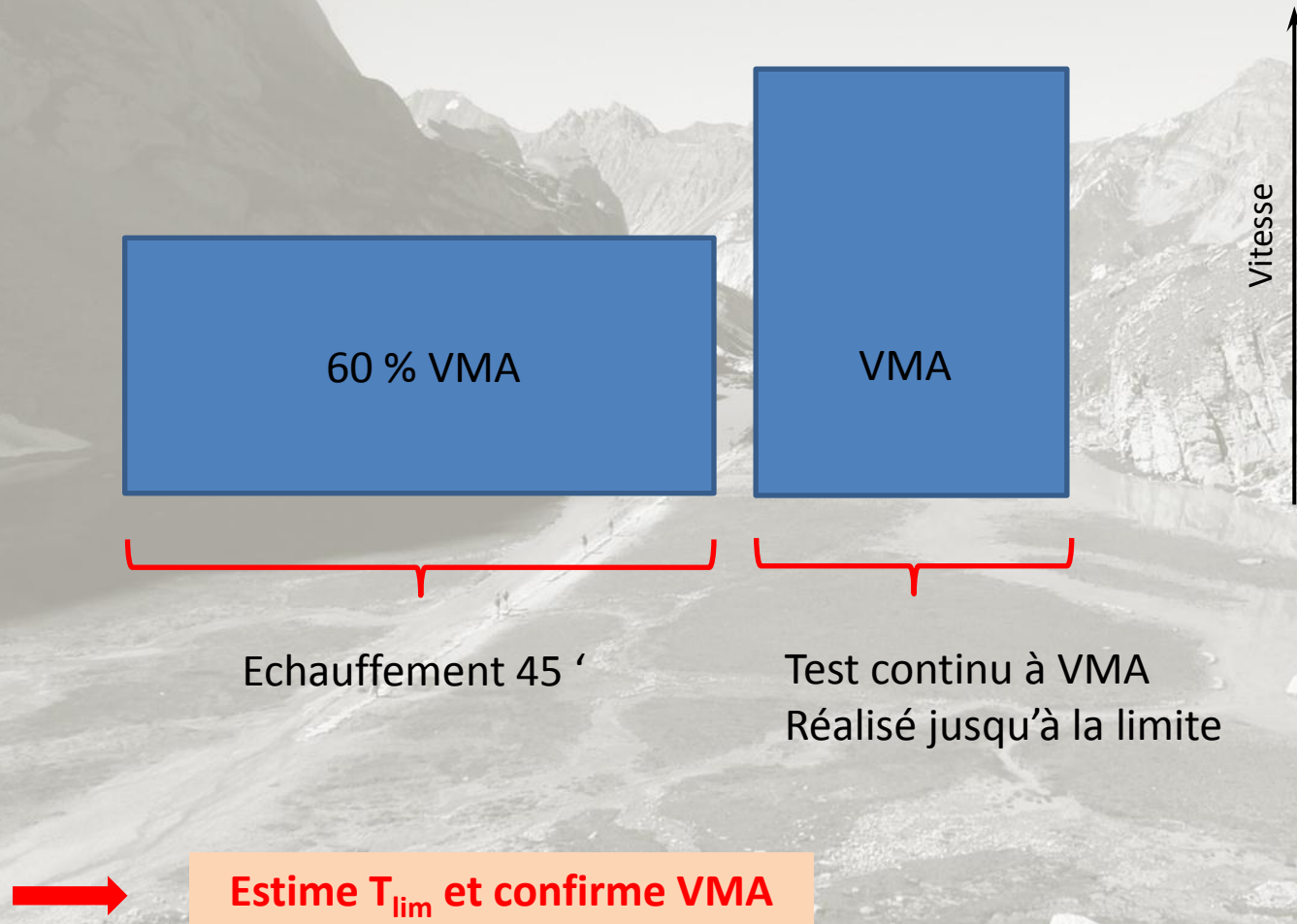
# Détermination de VMA et $T_{lim}$ à VMA

Etape 1 : test triangulaire (type Léger-Boucher)

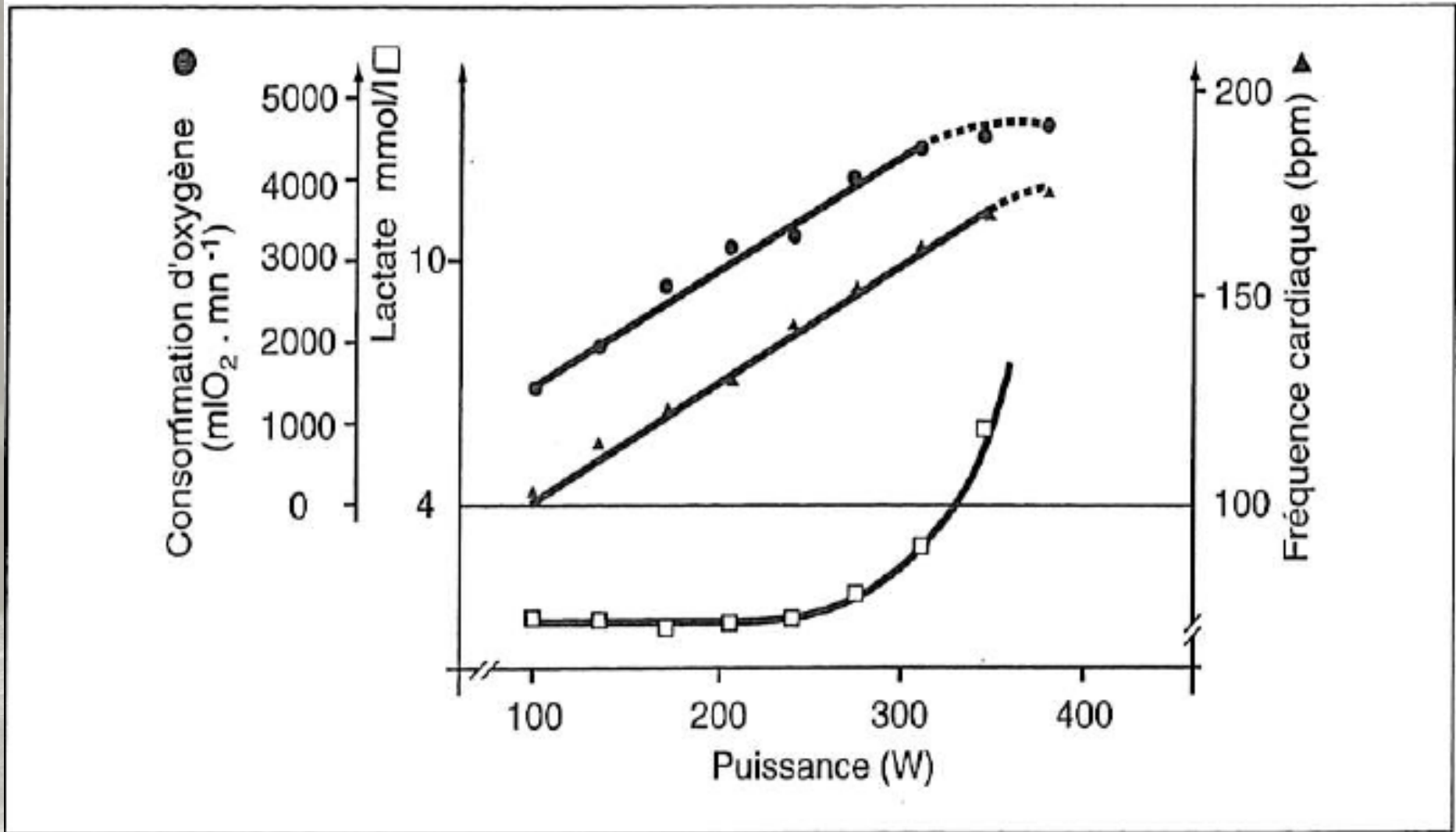


# Détermination de VMA et $T_{lim}$ à VMA

## Etape 2 : test rectangulaire



# Relation entre Puiss. (VMA), $f_c$ , lactatémie et $VO_2^{\max}$



# VMA et $VO_2^{\max}$

Equation de Léger-Mercier :  $VO_2 = 3.5 \times Vit$

$$VO_2^{\max} = 3.5 \times VMA$$

Relation entre fréquence cardiaque et consommation d'oxygène

→ Equation de Karvonen :

$$\frac{F_c - F_c^{repos}}{F_c^{\max} - F_c^{repos}} = f\left(\frac{VO_2}{VO_2^{\max}}\right) = f\left(\frac{Vit}{VMA}\right)$$

→ On admet l'approximation :

$$\frac{F_c - F_c^{repos}}{F_c^{\max} - F_c^{repos}} \approx \frac{VO_2}{VO_2^{\max}} = \frac{Vit}{VMA}$$

# Planifier une saison (2)

- Planifier les grands objectifs (compétitifs ou pas)
- Définir les macrocycles, mésocycles et microcycles

En respectant les principes de :

**Progressivité, Alternance, Spécificité, Surcharge / Surcompensation**

En tenant compte des saisons et de leur climat :

Activités liées à la neige en hiver, vélo et VTT en été

- Bâtir spécifiquement les séances



- ✓ Il n'existe pas de programme-type
- ✓ L'entraînement doit être **individualisé**, en tenant compte des caractéristiques de chaque sportif
- ✓ Il existe autant de programmes qu'il existe d'athlètes
- ✓ Attention aux planifications standard
- ✓ Attention aux entraînements collectifs
- ✓ Une même séance d'endurance sera pour certains à 60 % VMA, et pour d'autres à 80 % VMA !

# Construire une séance

## Endurance fondamentale / active

50 – 70 % VMA (footing léger)

## Seuil anaérobie

75 – 85 % VMA (fartlek, montées, VTT, travail intermittent)

## Travail VMA

90 – 110 % VMA (fractionné / intervalle-training)

## Comment augmenter la VMA ?

Nécessite de travailler suffisamment longtemps proche de VMA :  
typiquement :  $2.5 \times T_{lim}$  (10 – 25 min)

Exemple de prescription de séance :

2 x ( 6 à 10 x ( 200 m / 100 à 105 % VMA – Rp 40 " ) – Ra 3' )

# Trois séances fondamentales (1)

## Séance Endurance Mixte

**Profil :** 1.5 à 2 heures, 15 à 20 Kms, 500 à 1000 m D+ et D-

**Cibles :**

*Capacité  
énergétique*

Endurance  
Ruptures de rythme (*fartlek*)  
Transition montée / descente  
Favorise la combustion précoce des lipides à des puissances de travail de plus en plus élevées

*Habilités  
techniques*

Travail spécifique de la course à pied  
Contrôle des appuis, de la posture  
Maîtrise de la trajectoire, adaptation au terrain, anticipation

**Conclusion :**

Séance plaisante  
Récupération rapide  
Induit une fatigue musculaire peu à moyennement importante



Le dénivelé induit un travail proche du seuil anaérobie



# Trois séances fondamentales (2)

## Séance VMaA

**Profil :** 1 à 2 heures, 15 à 20 Kms, 300 à 1000 m D+ et D-  
6 à 10 x (3' D+ / 90% VO<sub>2</sub><sup>max</sup>, Ra 2' 30 '' D-)

### Cibles :

*Capacité  
énergétique*

- Endurance ++
- Puissance aérobie +++++
- Ruptures de rythme brutales (montée / descente)
- Effort proche VMaA

*Habiletés  
techniques*

- Travail spécifique de la course à pied
- Gestion de la fatigue
- Maîtrise de la trajectoire, adaptation au terrain, anticipation

### Conclusion :

Séance **TRES difficile**  
Gestion d'un contrat  
(la dernière montée doit être réalisée au même rythme que la première !)

# Trois séances fondamentales (3)

## Séance Trail

**Profil :** 3 à 6 heures, 20 à 50 Kms, 1000 à 3000 m D+ et D-

**Cibles :**

*Capacité  
énergétique*

Endurance **++++**  
Puissance aérobie **+(+)**  
Forts dénivelés D+ et D-  
Transition montée / descente  
Solidité musculaire

*Habiletés  
techniques*

Séance en situation (globale)  
Gestion de la nutrition, de l'équipement  
Maîtrise de la trajectoire, adaptation au terrain, anticipation

**Conclusion :**

Allie l'entraînement et le plaisir de la course en montagne  
Adaptations physiologiques, techniques, et mentales  
Induit une fatigue musculaire très importante

# On en est où ?

- ☞ Principes généraux de l'entraînement
- ☞ Monde aérobie : Puissance & Endurance
- ☞ Planification de séances types
- ☞ **Quelques repères pratiques**

# Repères pratiques (1)

## Améliorer la VMA (VMAa) :

Travailler proche  $VO_2^{\max}$  (95 – 105 %) sur  $2.5 \times T_{\text{lim}}$

ex. ( $T_{\text{lim}} = 6'$ ) **5 x** (3' / 100 %  $VO_2^{\max}$  – Ra 3' / 60 %  $VO_2^{\max}$ )

**2 x** ( **6 à 10** x ( **200 m / 100 à 105 % VMA – Rp 40 "** ) – **Ra 3'** )

## Améliorer $T_{\text{lim}}$ :

Travailler au seuil anaérobie (~ 80%)

Intervalle-Training **4 à 8 x** (10' à 5' / 80 %  $VO_2^{\max}$  – Ra 3' / 60 %  $VO_2^{\max}$ )

Travail continu 20' à 60'

(*travail en côte : course, vélo, VTT, ski rando*)

Travail pyramidal 15' / 75 %  $VO_2^{\max}$  – 10' / 85 %  $VO_2^{\max}$  – 15' / 75 %  $VO_2^{\max}$

# Repères pratiques (2)

## Améliorer la combustion des lipides :

Endurance fondamentale/active (~ 60 à 70 % VMA)

Entraînement à jeun (mais pas au saut du lit...prévoir un temps de réveil musculaire)

## Améliorer l'Indice d'Endurance :

Séances d'endurance fondamentale/active, séances longues (~ 70 à 75 % VMA)

Séances favorisant l'amélioration de  $T_{lim}$  (séances au seuil)

Intérêt des **entraînements croisés** (course, vélo, VTT, ski de fond, ski de rando)

## Améliorer la solidité musculaire :

Nécessite la consolidation du collagène musculaire

Mécanisme de consolidation progressive par lésions induites et régénération du tissu musculaire à des niveaux de solidité supérieurs

Travail de course à pied en descente

VTT, vélo, ski de rando

## Améliorer la puissance musculaire :

Travail de course (marche active) en montée

Intérêt du VTT (**entraînements croisés**), mais importance de la spécificité (course)

# Intérêt du cardio-fréquencemètre

Equation de Léger-Mercier :  $VO_2 = 3.5 \times Vit$   
 $VO_2^{\max} = 3.5 \times VMA$

Relation entre fréquence cardiaque et consommation d'oxygène

→ Equation de Karvonen :

$$\frac{F_c - F_c^{repos}}{F_c^{\max} - F_c^{repos}} = f\left(\frac{VO_2}{VO_2^{\max}}\right) = f\left(\frac{Vit}{VMA}\right)$$

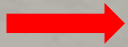
La fonction **f** est à étalonner avec **accéléromètre** et **cardio-fréquencemètre**

→ On admet l'approximation :

$$\frac{F_c - F_c^{repos}}{F_c^{\max} - F_c^{repos}} \approx \frac{VO_2}{VO_2^{\max}} = \frac{Vit}{VMA}$$

# Intérêt du cardio-fréquencemètre

$$\frac{F_c - F_c^{repos}}{F_c^{max} - F_c^{repos}} \approx \frac{VO_2}{VO_2^{max}} = \frac{Vit}{VMA} \quad \% VO_2^{max} \text{ ou } \% VMA$$



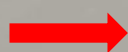
$$F_c^{cible} = F_c^{repos} + (\% VO_2^{max}) \times (F_c^{max} - F_c^{repos})$$

## Exemple :

Travail à 80 %  $VO_2^{max}$

$$F_c^{max} = 180$$

$$F_c^{repos} = 40$$



$$F_c^{cible} = 40 + 0.8 \times 140 = 152 \quad (\neq 80 \% F_c^{max} (144) !!!)$$

## Remarque :

En montagne (terrain accidenté)  $VO_2$  combine à la fois une vitesse horizontale et une vitesse ascensionnelle

La vitesse de course horizontale et la vitesse ascensionnelle ne renseignent pas directement sur le  $\% VO_2^{max}$  sollicité

# Intérêt du cardio-fréquencemètre

## Attention :

Une intensité d'entraînement doit toujours être individualisée

Un groupe d'individus qui courent à la même vitesse, ne courent probablement pas avec la même intensité relative. Car ils n'ont pas la même  $VO_2^{\max}$  !!!

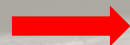
## Exemple :

Travail à 14 Km/h

Margoulin1 :

$$VO_2^{\max} = 20 \text{ Km/h}$$

$$\% \text{ VMA} = \% \text{ PMA} = 100 \times 14 / 20 = 70 \%$$



Margoulin1 est en endurance fondamentale

Margoulin2 :

$$VO_2^{\max} = 16 \text{ Km/h}$$

$$\% \text{ VMA} = \% \text{ PMA} = 100 \times 14 / 16 = 87.5 \%$$



Margoulin2 travaille au-delà du seuil (an)aérobie



# Intérêt du cardio-fréquencemètre

## Conclusion :

- Il est donc important de s'entraîner avec un cardio-fréquencemètre
- Ou bien avec une mesure précise de la vitesse (accéléromètre, GPS), de manière à évaluer en permanence le rapport : vitesse / VMA

## Attention :

Ce n'est pas la fréquence cardiaque en soi qui est importante  
C'est le rapport de Karvonen :

$$\frac{F_c - F_c^{repos}}{F_c^{max} - F_c^{repos}}$$

parce qu'il est relié directement au rapport vitesse / VMA, selon la formule :

$$\frac{F_c - F_c^{repos}}{F_c^{max} - F_c^{repos}} \approx \frac{VO_2}{VO_2^{max}} = \frac{Vit}{VMA}$$

dénivelé horaire 5 minutes: VMAa en m/h	PMA (watts.kg <sup>-1</sup> )	VO <sub>2</sub> max (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )
1900	7.04	84.5
1850	6.87	82.4
1800	6.69	80.3
1750	6.51	78.1
1700	6.33	76.0
1650	6.15	73.9
1600	5.98	71.7
1550	5.80	69.6
1500	5.62	67.5
1450	5.44	65.3
1400	5.27	63.2
1350	5.09	61.1
1300	4.91	58.9
1250	4.73	56.8
1200	4.56	54.7
1150	4.38	52.5
1100	4.20	50.4
<b>1050</b>	<b>4.02</b>	<b>48.3</b>
1000	3.84	46.1
950	3.67	44.0
900	3.49	41.9
850	3.31	39.7
800	3.13	37.6

<b>VMA</b>
24.1
23.5
22.9
22.3
21.7
21.1
20.5
19.9
19.3
18.7
18.1
17.5
16.8
16.2
15.6
15.0
14.4
13.8
13.2
12.6
12.0
11.3
10.7

VMAa (m/h)	dénivelé en 1 heure	dénivelé en 2 heures	dénivelé en 3 heures
400	300	480	600
500	375	600	750
600	450	720	900
700	525	840	1050
800	600	960	1200
900	675	1080	1350
1000	750	1200	1500
1100	825	1320	1650
1200	900	1440	1800
1300	975	1560	1950
1400	1050	1680	2100
1500	1125	1800	2250
1600	1200	1920	2400
1700	1275	2040	2550
1800	1350	2160	2700
1900	1425	2280	2850
2000	1500	2400	3000
dénivelé en 5 minutes	dénivelé total parcouru sans pause		