

# Brevet Professionnel JEPS – AG2F



Anatomie  
Physiologie  
Méthodologie d'entraînement

MALFERMO Romuald

06.35.19.79.02 – [malfermo.romuald@hotmail.fr](mailto:malfermo.romuald@hotmail.fr)

Master EMIS & DUPP – Univ. De Bourgogne, DIJON

Intervenant BPJEPS AGG2F – CESA Metz

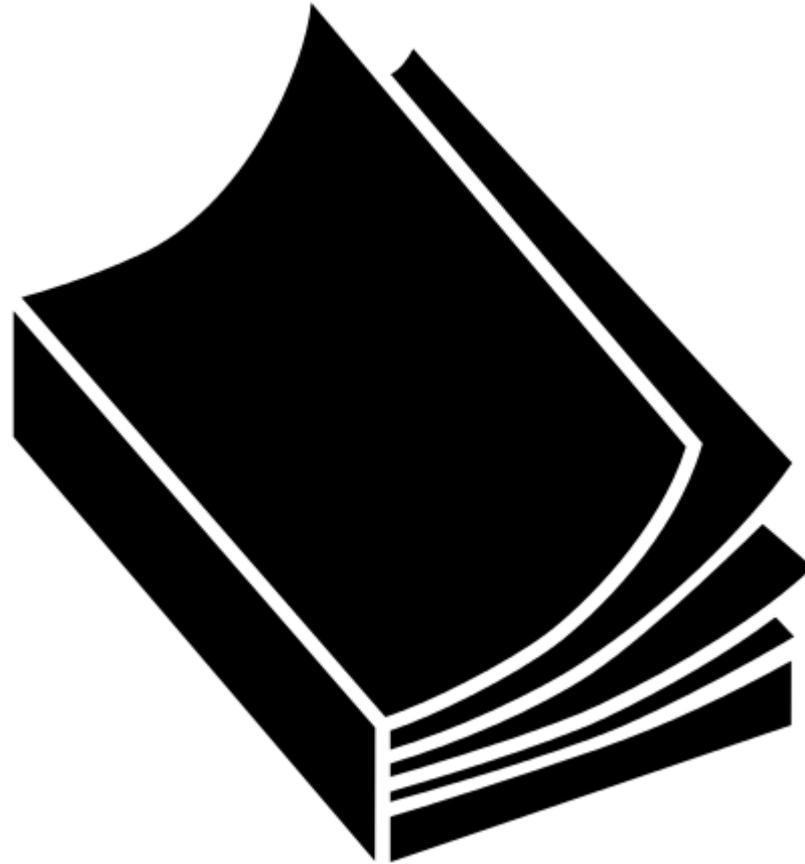
# Références

- ▶ **Anatomie, Physiologie, Biomécanique en STAPS** – P. Delamarche, M. Dufour, F. Multon sous la direction de L. Perlemuter, *éd. Masson*
- ▶ **La Bible de la Préparation Physique** – D. Reiss et Dr P. Prévost, *éd. Amphora*
- ▶ **Cours – STAPS Nancy / Dijon**

# Physiologie

- ▶ Sommaire
  - Structure
    - Les cellules
  - Fonctionnement
    - Contraction musculaire
    - Filières énergétiques
    - Sources d'énergie
    - Substrat énergétique
    - $VO_2\text{max}$  / FC
  - Terrain

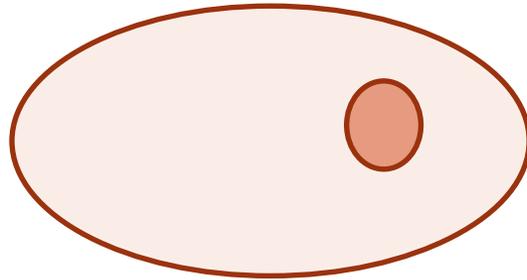
# Structure



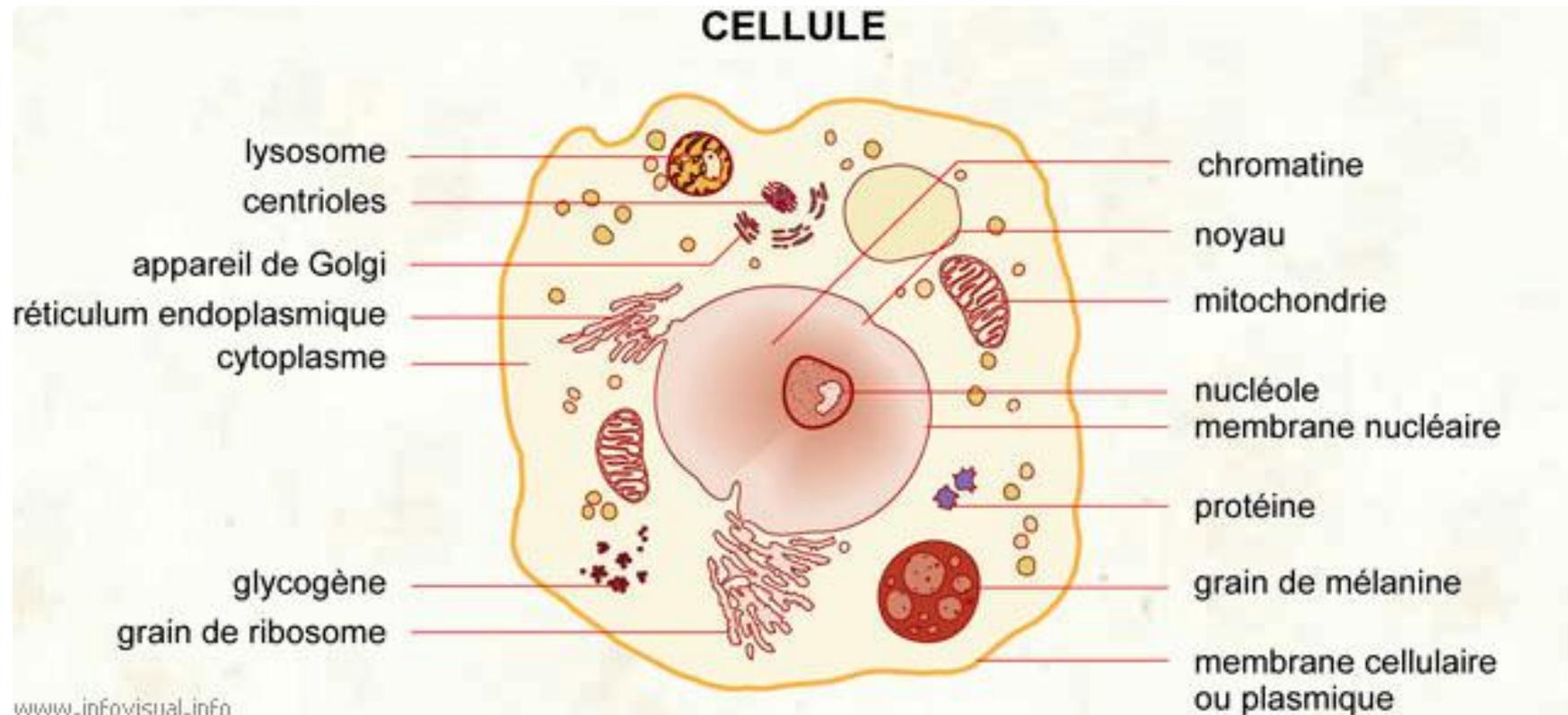
# Structures

## ▶ La cellule

- Plus petite unité de l'être vivant
- Fonctionnement de l'organisme
  - Structure commune mais fonctions propres
    - Membranes / cytoplasme / noyau



# Cellule



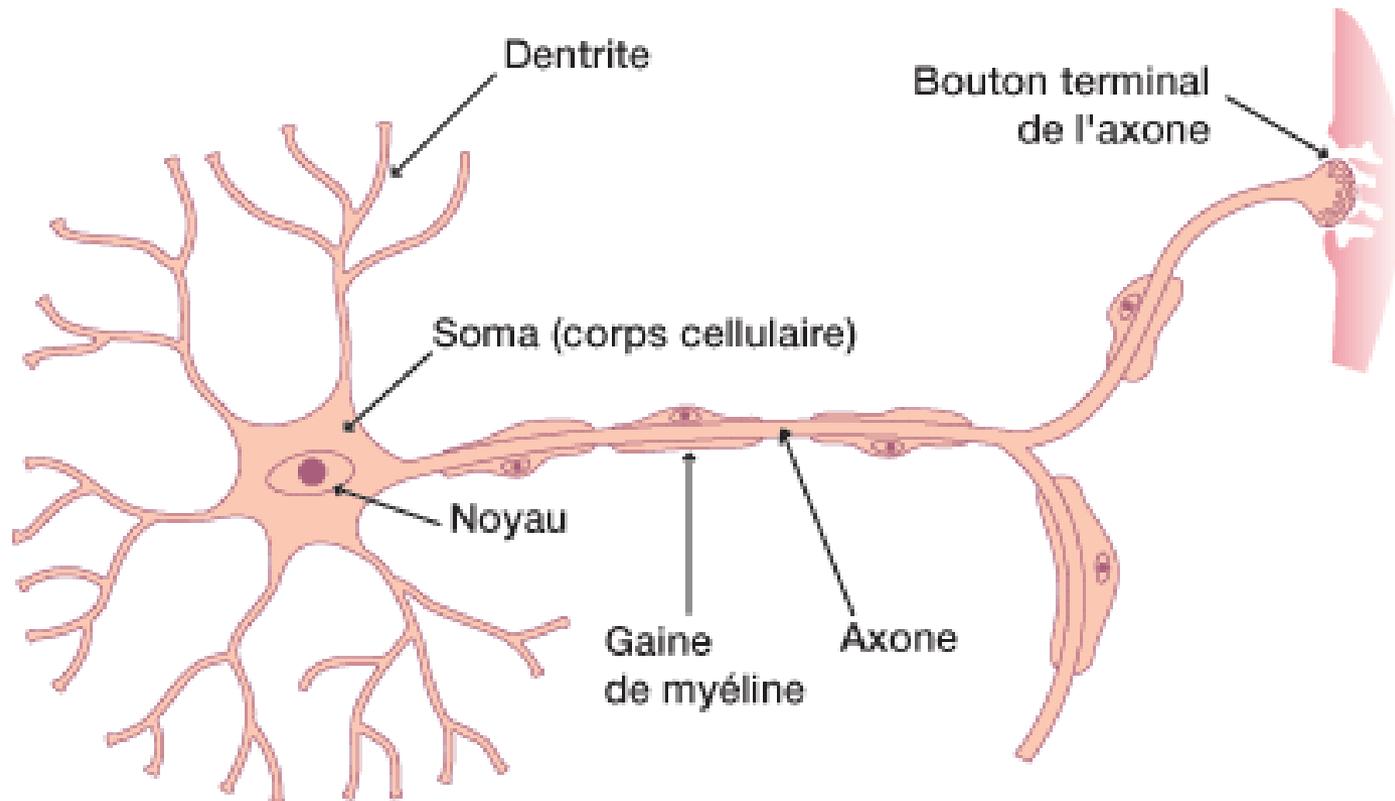
Réf. : *infovisual.info*

# Structure

- ▶ Cellules nerveuses : « neurone »
  - Communication et traitement de l'info. (par influx nerveux)
    - Intérieur vers extérieur : motrice
    - Extérieur vers intérieur : sensitif

# Cellule nerveuse

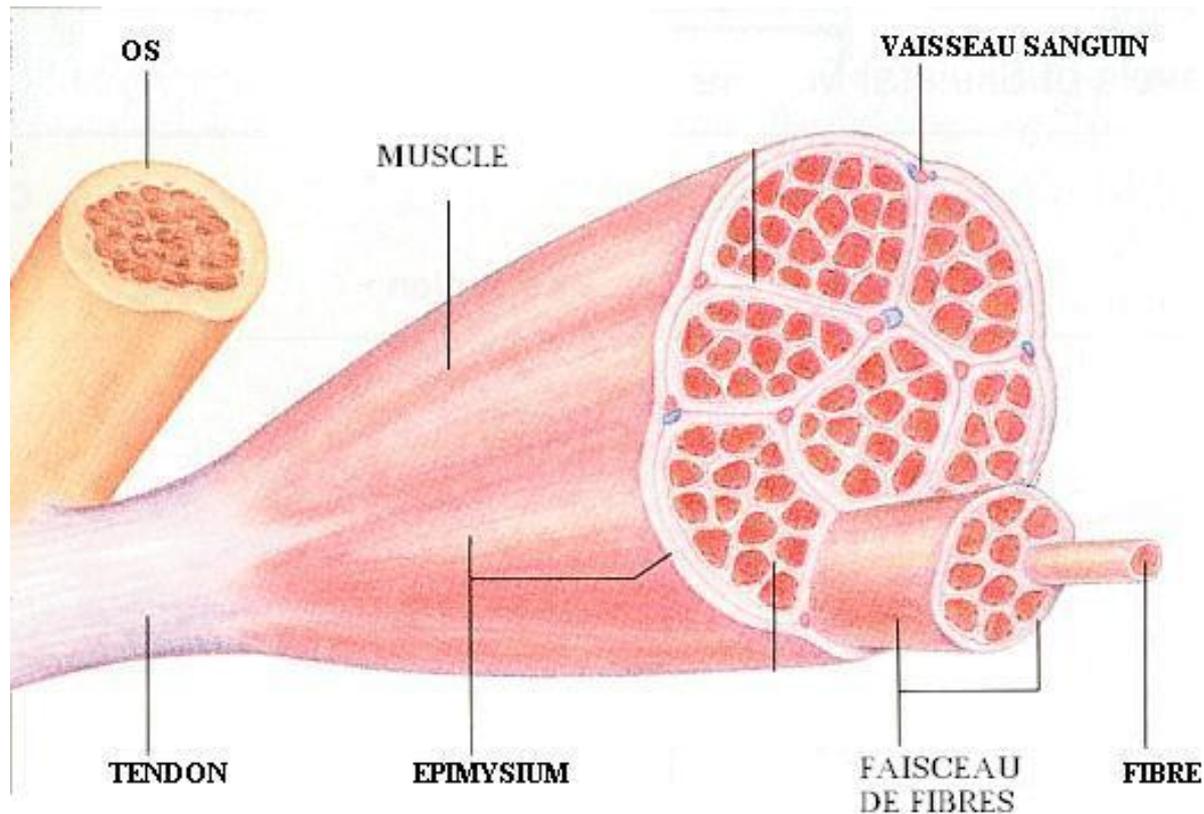
## ► Neurone



*Réf. :myologie.org*

# Structure

- ▶ Muscle > « fibres musculaires »

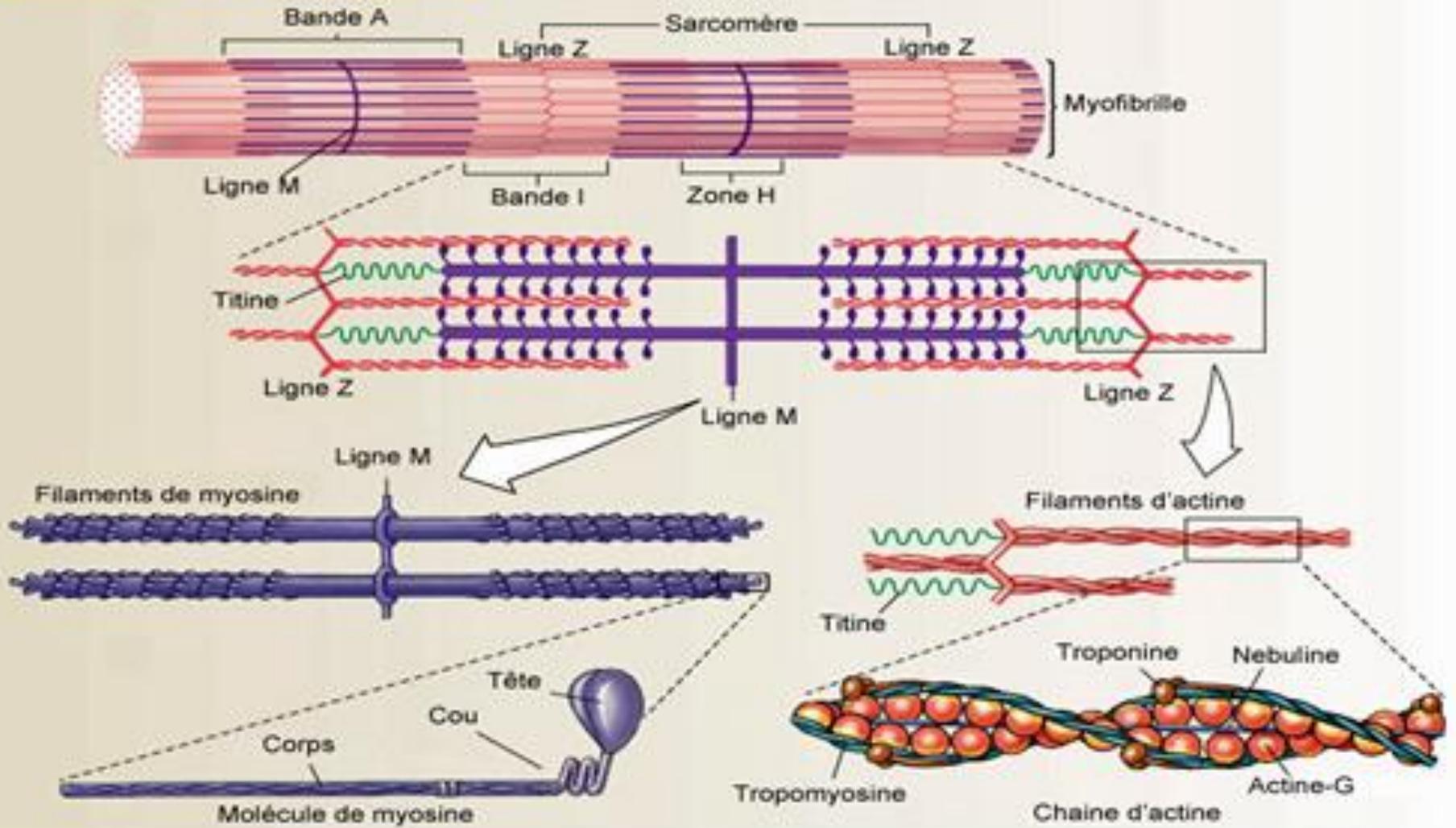


Réf. : [marcdarchez.wordpress.com](http://marcdarchez.wordpress.com)

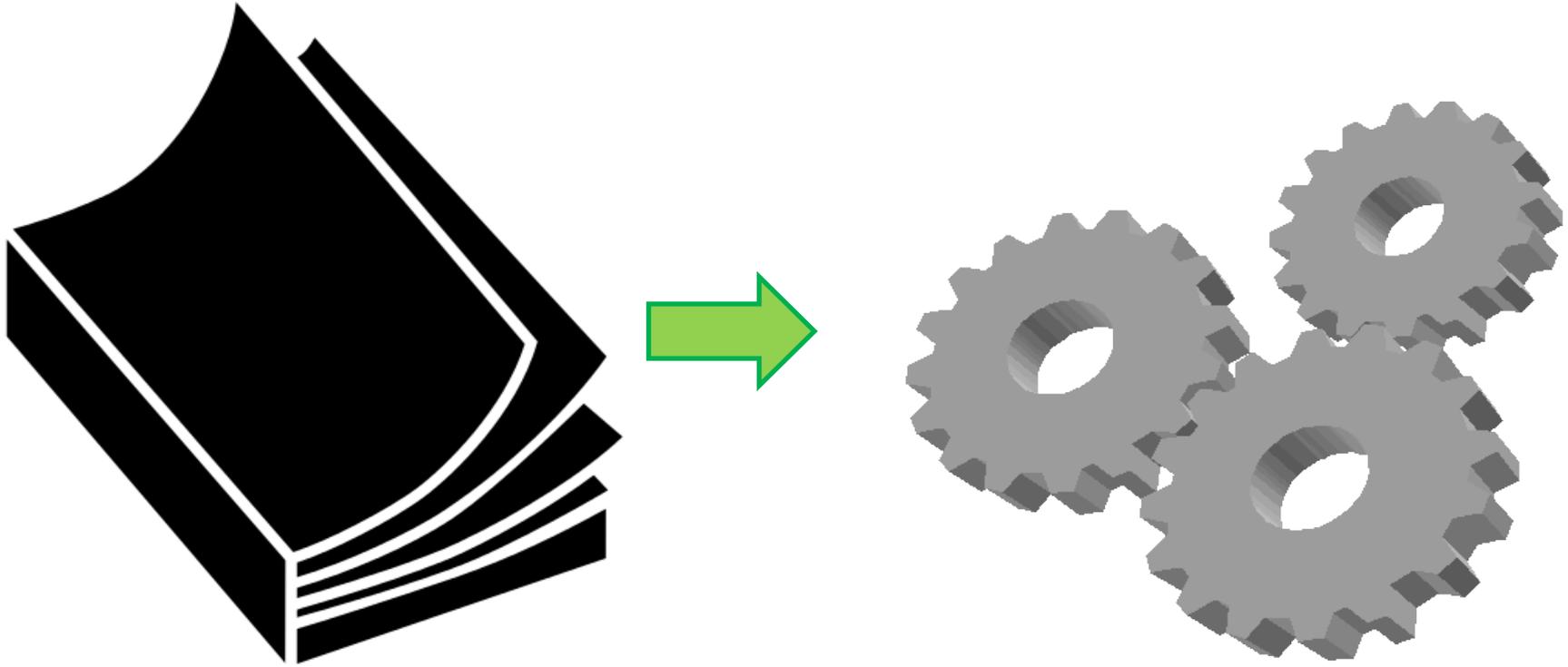
# Structure

- ▶ « fibres musculaires » > Actine/myosine

## Ultrastructure d'une myofibrille



# Structure > Fonctionnement



*Réf. : paranormale-entreprise.fr & ecologieeks.eelv.fr*

# Fonctionnement

- ▶ Contraction musculaire
  - « unité motrice » = système neuro-musculaire
  - 2 types de fibres
    - Type I : lentes / Type II :  
Ila = intermédiaires I Ib = rapides

# Fonctionnement

## ▶ Contraction musculaire

◦ Fibres                    lentes -----> rapides

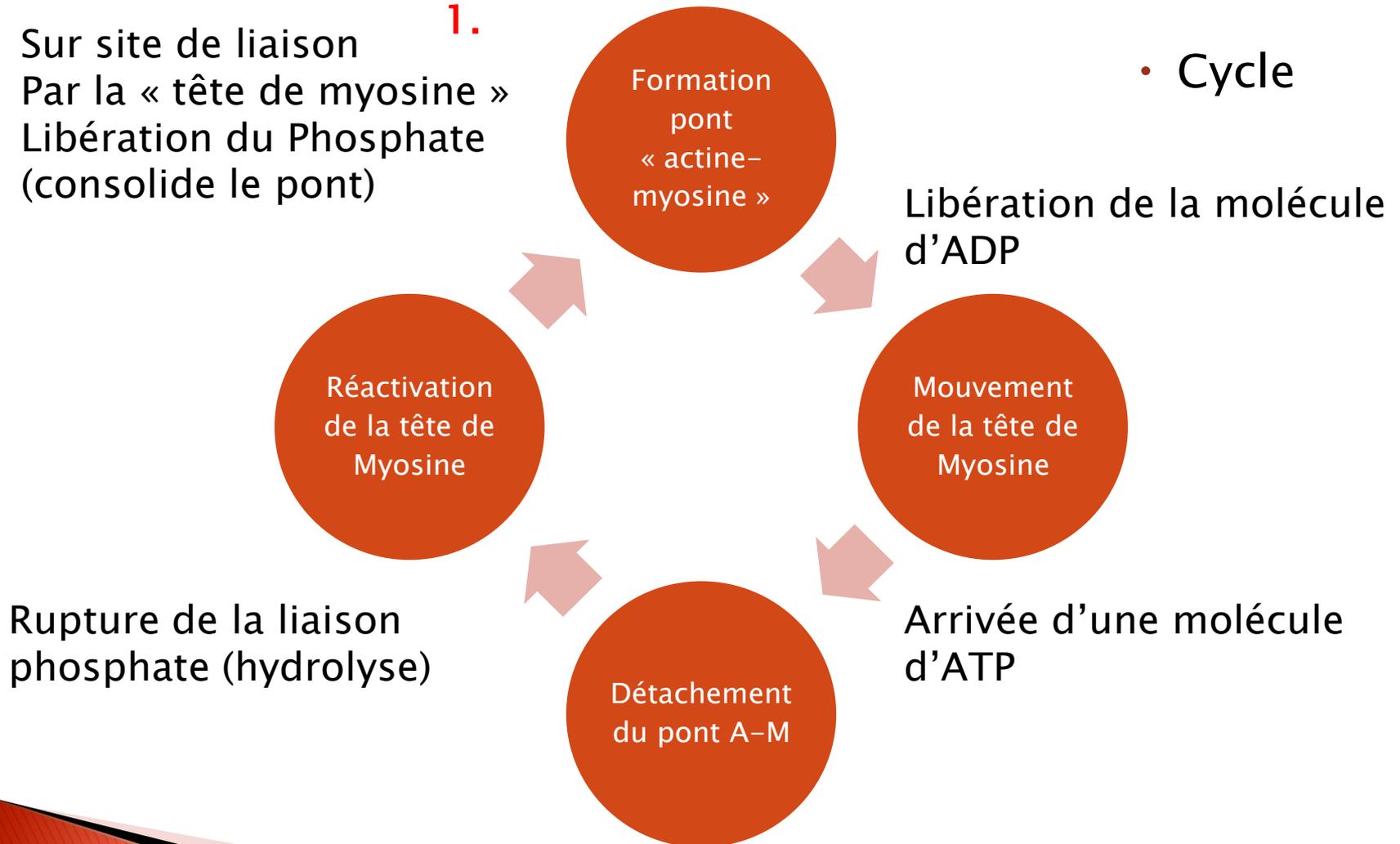
| Fonctionnel             | Type I | Type II a | Type II b |
|-------------------------|--------|-----------|-----------|
| Résistance à la fatigue | +++    | ++        | +         |
| Force de contraction    | +      | ++        | +++       |
| Vitesse de contraction  | +      | ++        | +++       |

# Fonctionnement

- ▶ Contraction musculaire
  - Augmentation progressive du nombre d'UM et de la fréquence de décharge
  - Mécanisme :
    - Raccourcissement des myofibrilles
      - Action entre filament fin (« actine ») et le filament épais (« myosine ») via la tête de myosine

# Fonctionnement

1.  
Sur site de liaison  
Par la « tête de myosine »  
Libération du Phosphate  
(consolide le pont)



- Cycle

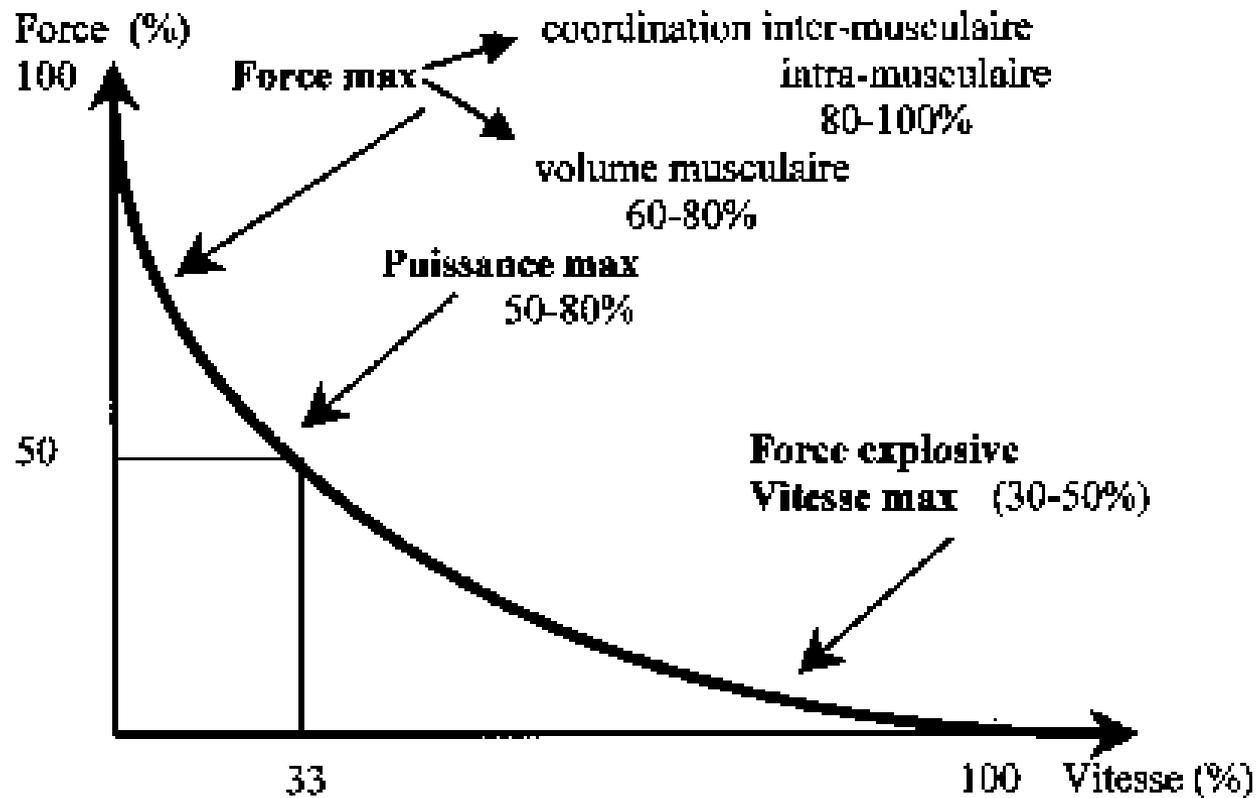
# Fonctionnement

- Vidéo :

[https://www.youtube.com/watch?v=Ct8AbZn\\_A8A](https://www.youtube.com/watch?v=Ct8AbZn_A8A)

# Fonctionnement

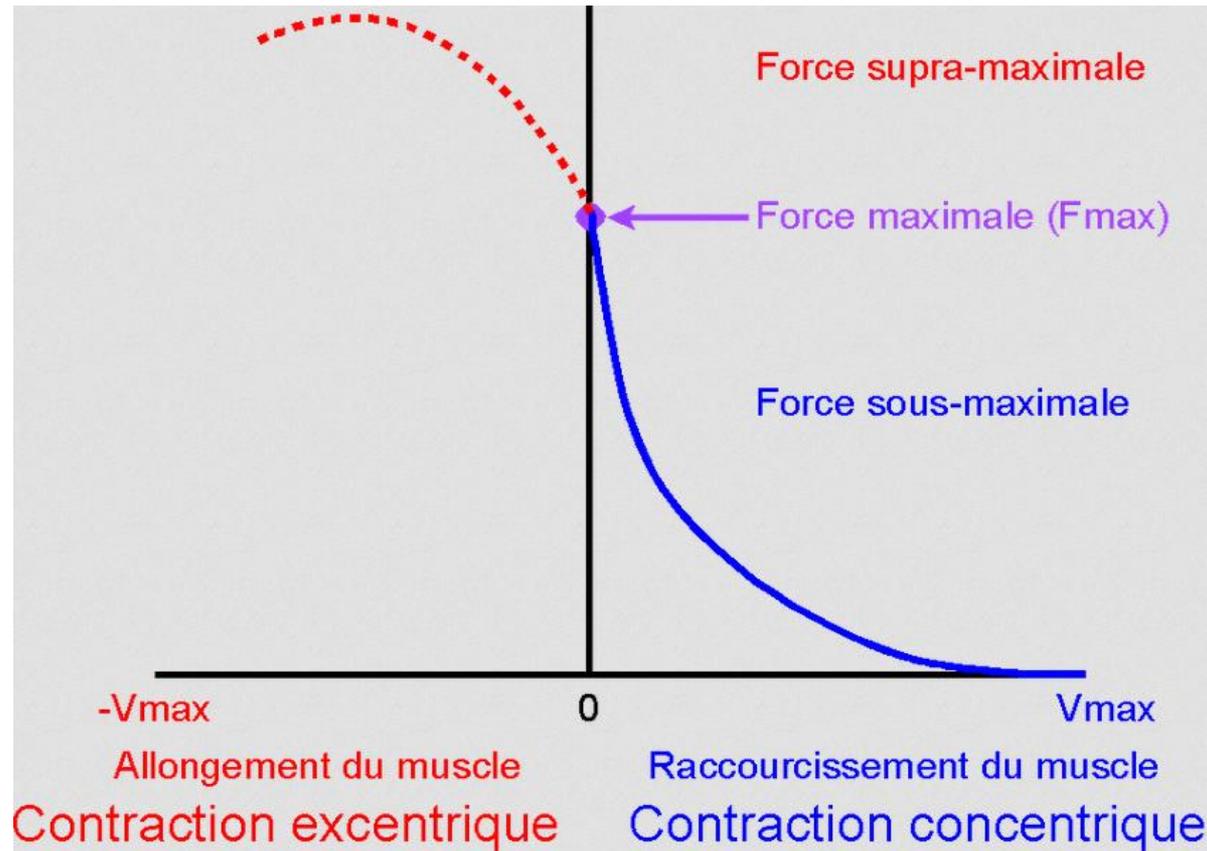
- Relation force–vitesse (Bosco)



Réf. : [www.sappiasports.com](http://www.sappiasports.com)

# Fonctionnement

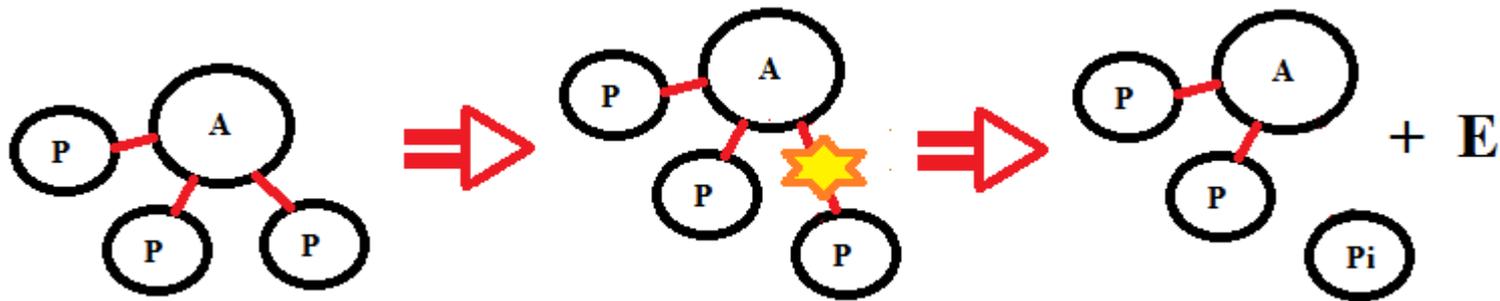
- Relation force–vitesse



Réf. : [er.uqam.ca](http://er.uqam.ca)

# Fonctionnement

- ▶ Sources d'énergie : ATP
  - Energie chimique > énergie mécanique
  - 20%–30% énergie / 80%–70% en chaleur (« perdu »)
  - « adénosine triphosphate » = ATP
    - L'énergie est contenue dans les liaisons entre P (7 kcal)
    - Rupture de la liaison (hydrolyse) → production d'énergie



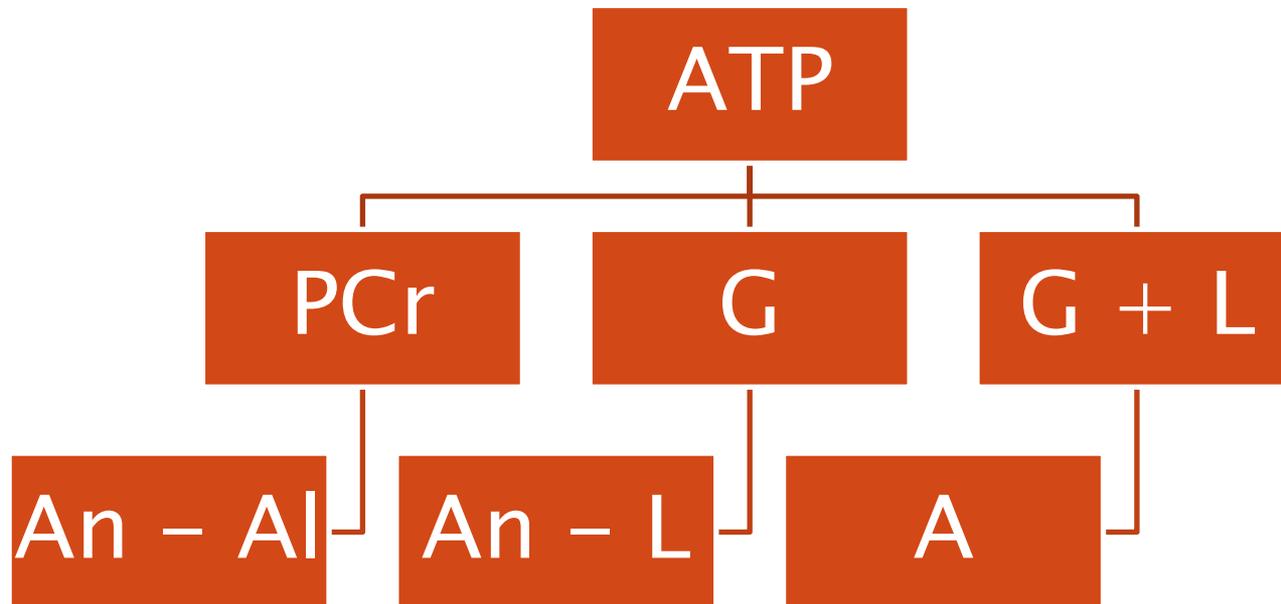
# Fonctionnement

- Vidéo :

[https://www.youtube.com/watch?v=Ct8AbZn\\_A8A](https://www.youtube.com/watch?v=Ct8AbZn_A8A)

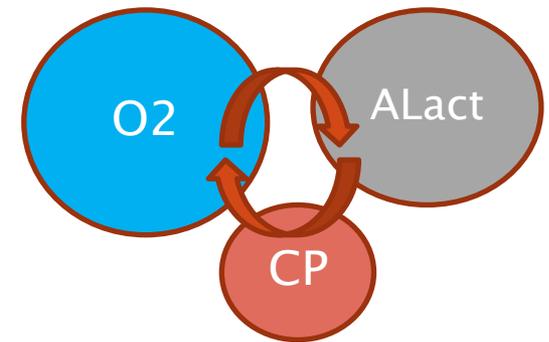
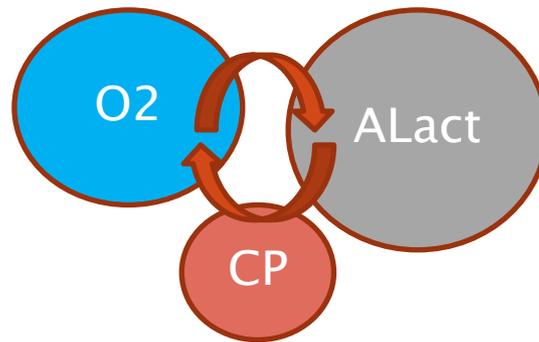
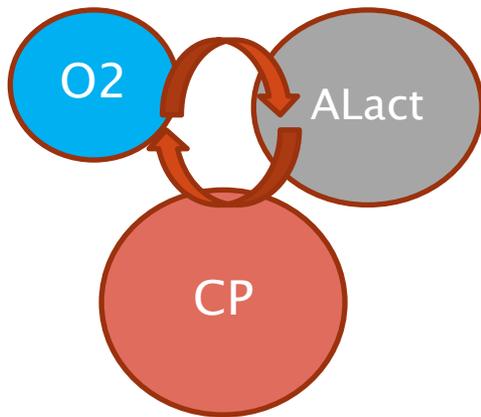
# Fonctionnement

- ▶ Sources d'énergie
  - Aérobie / anaérobie



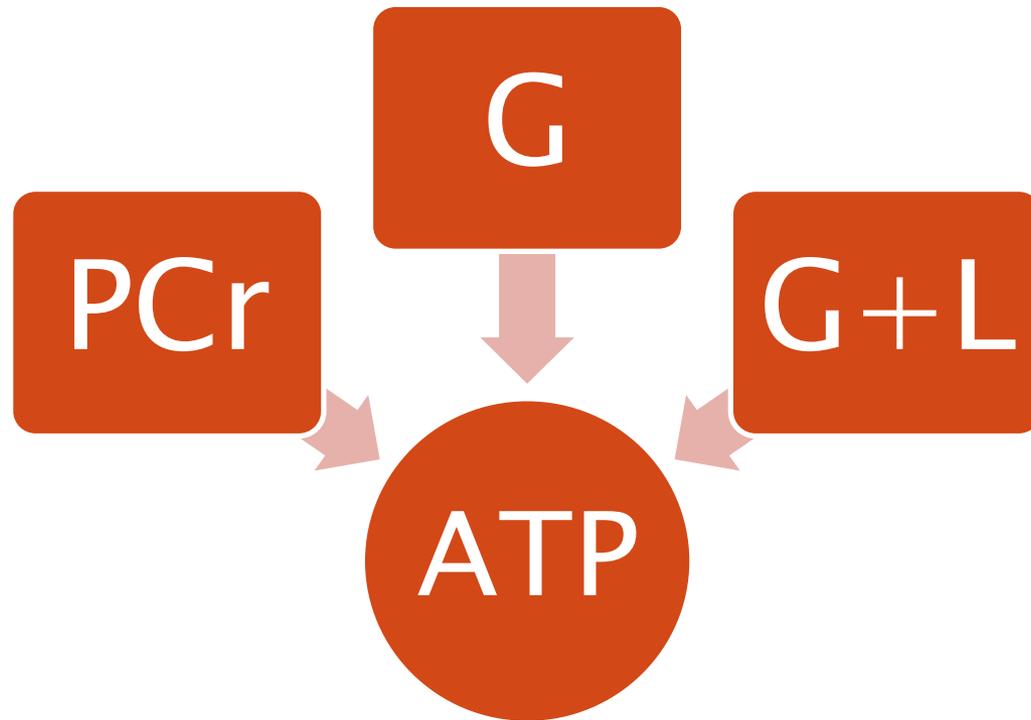
# Fonctionnement

- ▶ Sources d'énergie
  - Aérobie / anaérobie
  - « Prédominance »



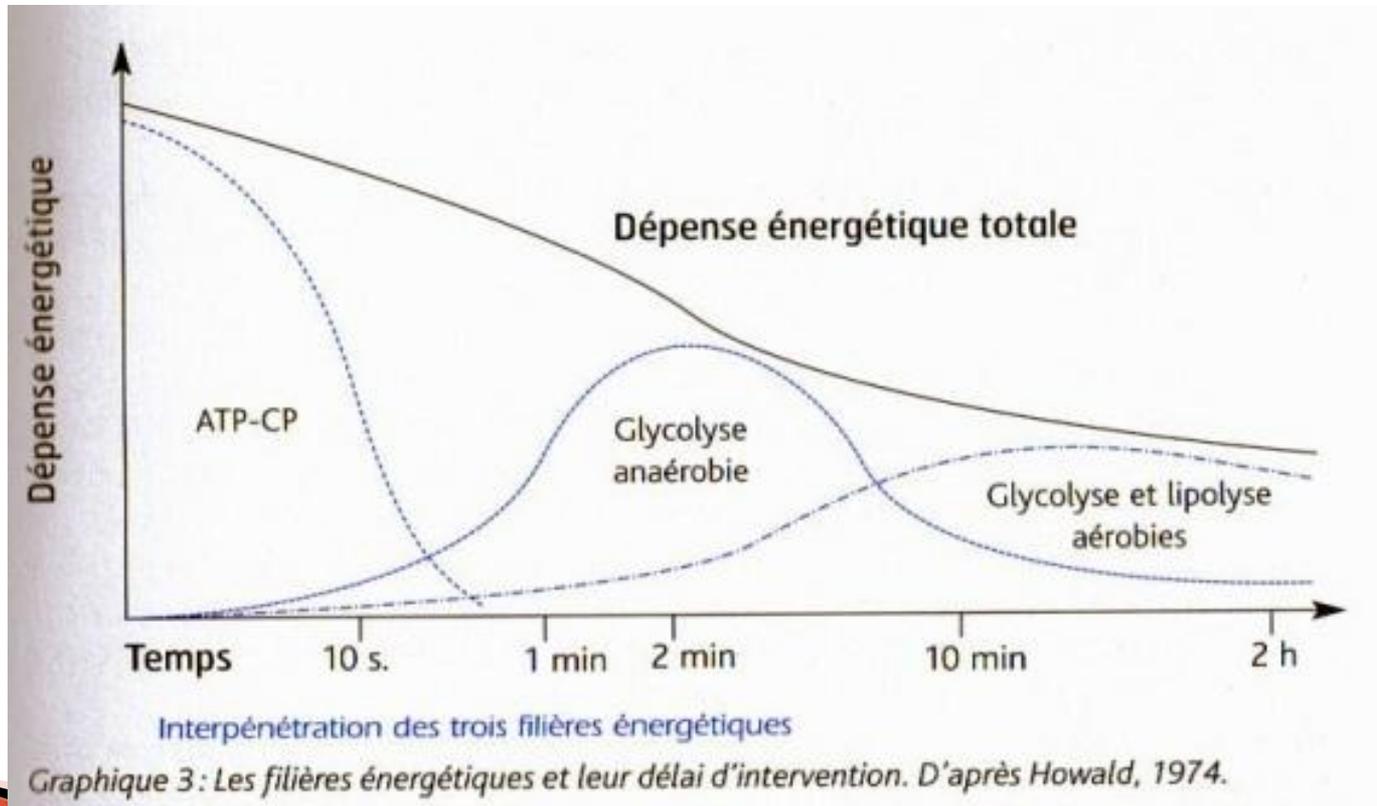
# Fonctionnement

- ▶ Sources d'énergie



# Fonctionnement

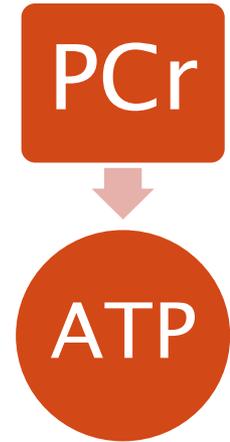
- ▶ Filières énergétiques
  - Courbe d'Howald



Réf. : doctissimo.fr

# Fonctionnement

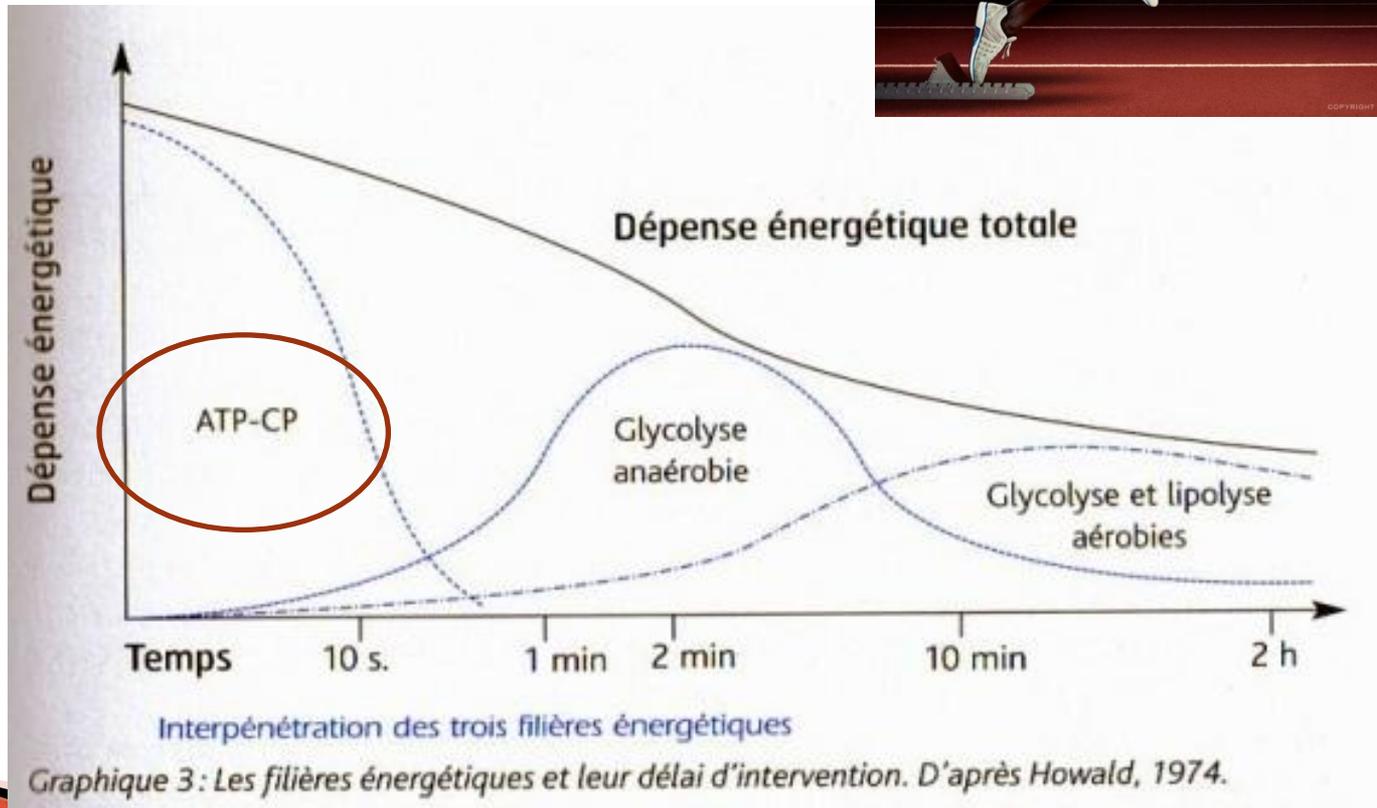
- ▶ Filières énergétiques
  - Terminologie



| « Attribution »      | Discipline associée             |
|----------------------|---------------------------------|
| Délai d'intervention | Temps pour devenir prédominant  |
| Substrats            | Sources d'énergie (P/G/L)       |
| Réaction             | Chimique                        |
| Resynthèse           | Temps pour refaire des réserves |
| Inconvénients        |                                 |
| Facteur limitant     | Cause(s) l'arrêt                |

# Fonctionnement

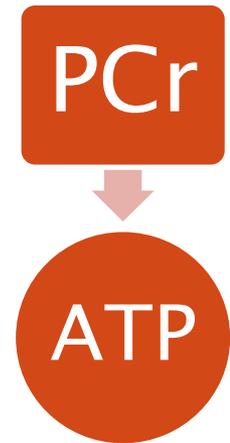
- ▶ Filières énergétiques
  - Courbe d'Howald



Réf. : doctissimo.fr

# Fonctionnement

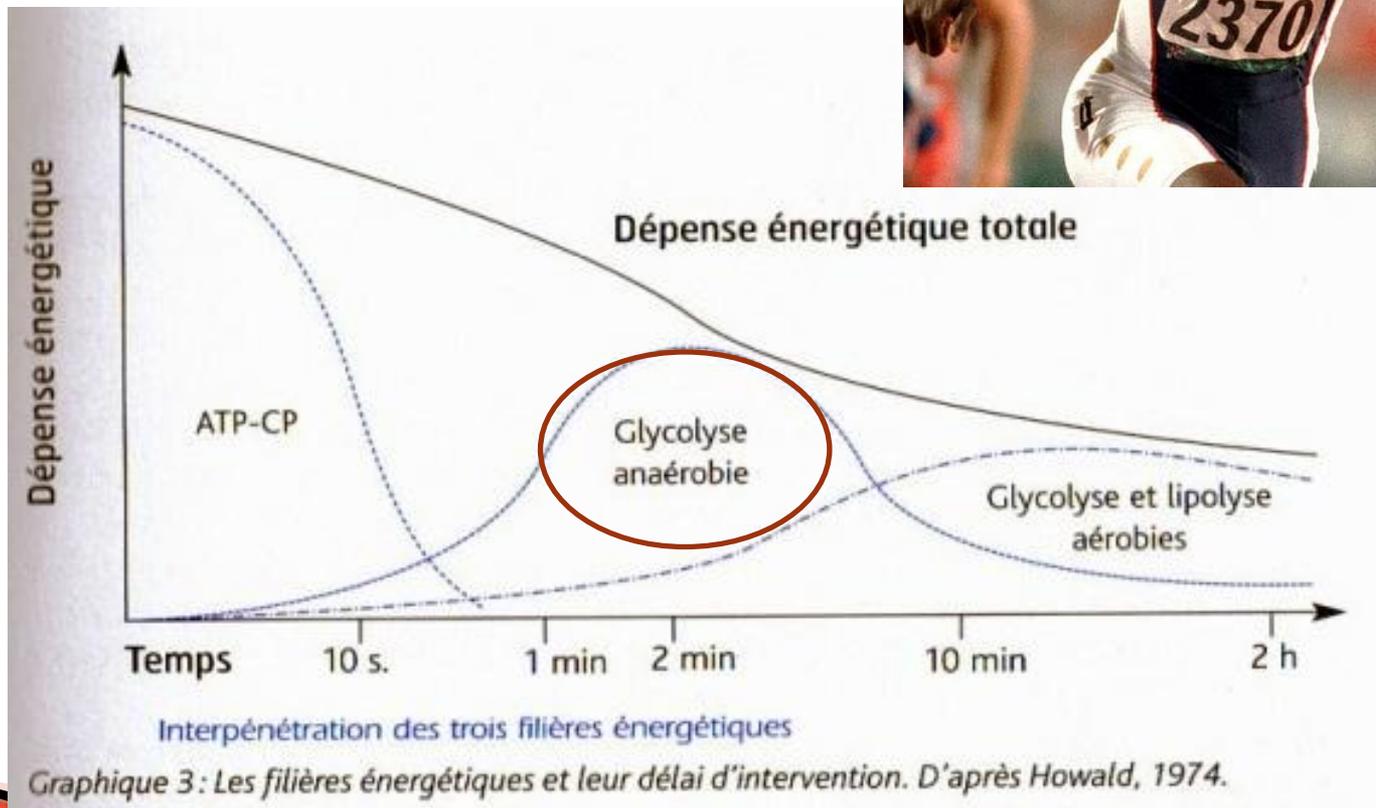
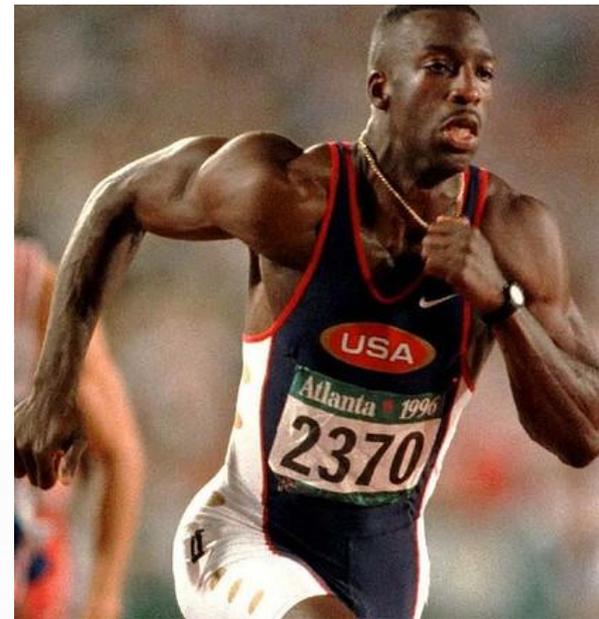
- ▶ Filières énergétiques
  - Anaérobie Alactique



|                      |  |
|----------------------|--|
| « Attribution »      | Sprinteur  |
| Délai d'intervention | Quasi-immédiat<br>(pas d'O <sub>2</sub> , de [Lac] et P <sub>max</sub> ) |
| Substrats            | ATP<br>Phosphocréatine   |
| Réaction             | ATP > ADP + P<br>PCr + ADP > ATP   |
| Resynthèse           | Rapide<br>(50% 30s, 90% 1min30)  |
| Inconvénients        | Réserves faibles d'ATP (7s)  |
| Facteur limitant     | Réserves de PCr (muscles)  |

# Fonctionnement

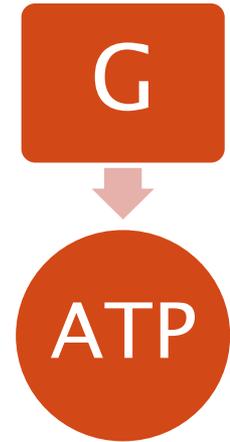
- ▶ Filières énergétiques
  - Courbe d'Howald



Réf. : doctissimo.fr

# Fonctionnement

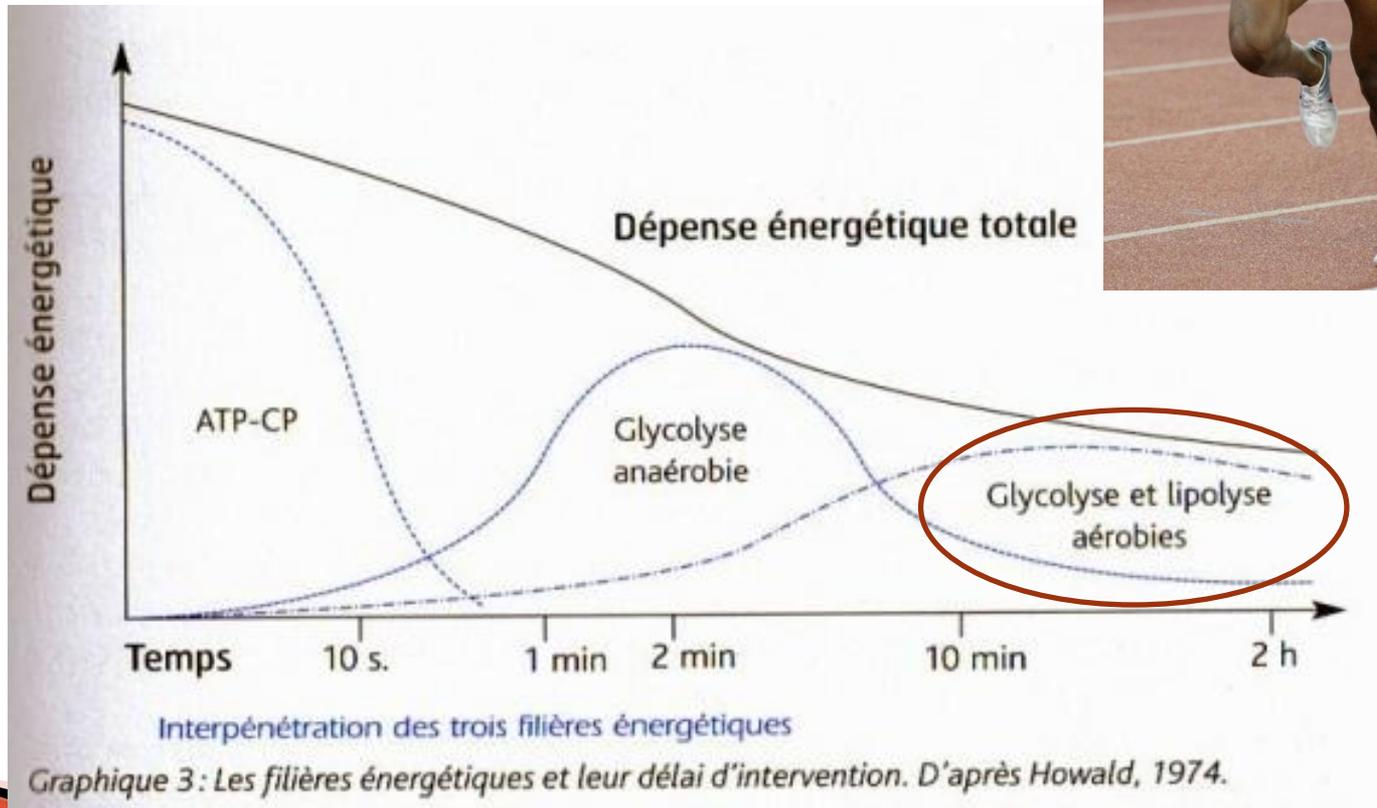
- ▶ Filières énergétiques
  - Anaérobie Lactique



|                      |   |
|----------------------|---|
| « Attribution »      | Résistants  |
| Délai d'intervention | 1 minute<br>(Pas d'O <sub>2</sub> , P élevée)               |
| Substrats            | Glycogène / Glucose   |
| Réaction             | Glycolyse anaérobie<br>(Gn > Ac. P et Ac. lac + E)          |
| Resynthèse           | Après élimination de l'acide lactique                       |
| Inconvénients        | Rentabilité faible  |
| Facteur limitant     | Production de lactate<br>Temps de latence (O <sub>2</sub> ) |

# Fonctionnement

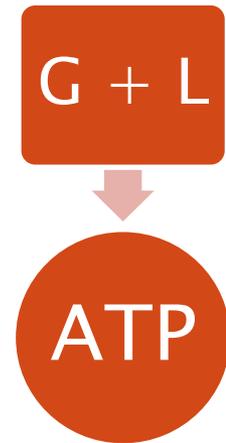
- ▶ Filières énergétiques
  - Courbe d'Howald



Réf. : doctissimo.fr

# Fonctionnement

- ▶ Filières énergétiques
  - Aérobie

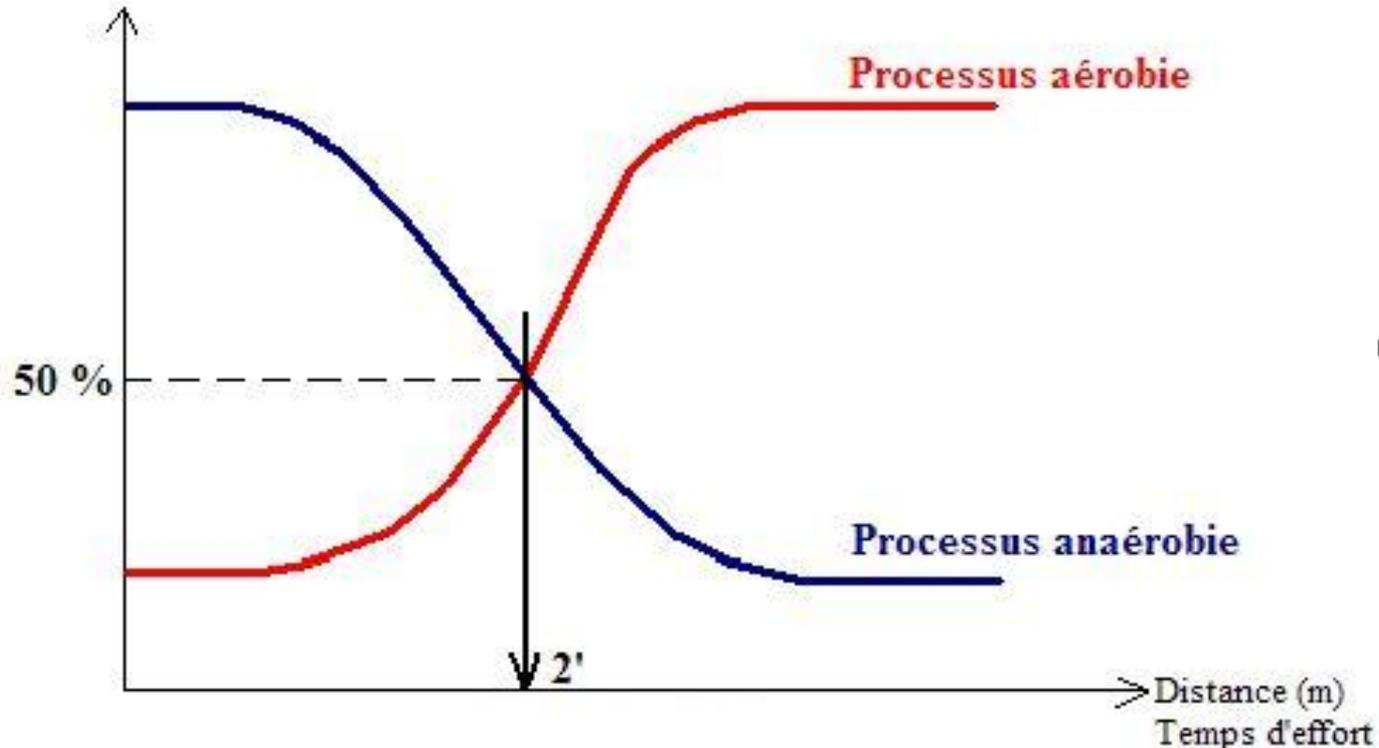


|                      |   |
|----------------------|---|
| « Attribution »      | Endurant                                |
| Délai d'intervention | Quelques minutes<br>Notion de dette**   |
| Substrats            | Oxygène                                 |
| Réaction *           | Glycolyse aérobie<br>Lipolyse aérobie   |
| Resynthèse           |   |
| Inconvénients        | Puissance faible<br>VO <sub>2</sub> max |
| Facteur limitant     | Réserves énergétiques<br>Enzymes        |

# Fonctionnement

- ▶ Filières énergétiques
  - Courbe de Keul

% des processus anaérobie et aérobie



Réf. : *mamo-cosmetique.fr*

# Fonctionnement

- ▶ Filières énergétiques – synthèse

|  | Anaérobie alactique                        | Anaérobie lactique           | Aérobie                               |                                       |
|--|--|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Substrat                                       | ATP, PC                                    | Glycogène                    | Glycogène                             | Acides gras libres                    |
| Produit final                                  | ADP et créatine                            | Lactate                      | H <sub>2</sub> O et CO <sub>2</sub>   |                                       |
| Prédominance selon l'effort                    | Efforts intenses (sprints, sauts, lancers) | Efforts soutenus (200-1000m) | Efforts faibles à modérés (endurance) | Efforts faibles à modérés (endurance) |
| Puissance (unité arbitraire)                   | 7  | 3.5                          | 2                                     | 1                                     |
| Capacité                                       | Très faible                                | Faible                       | élevée                                | Très élevée                           |
| Temps de maintien à 70% de VO <sub>2</sub> max | 30s  | 7min max                     | 90min                                 | Des heures                            |
| Délai de production maximale                   | Inférieur à 1s                             | Inférieur à 5s               | 3min                                  | 30min                                 |

Réf. : <http://www.courir-plus-loin.com>

# Fonctionnement

- ▶ Quelle filière pour quel effort ?

|             | Anaérobie alactique | Anaérobie lactique | Aérobie   |                    |
|-------------|---------------------|--------------------|-----------|--------------------|
|             | ATP, PC             | Glycogène          | Glycogène | Acides gras libres |
| 100m        | 48                  | 48                 | 4         | 0                  |
| 200m        | 25                  | 65                 | 10        | 0                  |
| 400m        | 12.5                | 62.5               | 25        | 0                  |
| 800m        | 6                   | 50                 | 44        | 0                  |
| 1500m       | 0 (sprint final)    | 25                 | 75        | 0                  |
| 5000m       | 0 (sprint final)    | 12.5               | 87.5      | 0                  |
| 10km        | 0 (sprint final)    | 3                  | 97        | 0                  |
| marathon    | 0 (sprint final)    | 1                  | 79        | 20                 |
| Ultra-trail | 0 (sprint final)    | 0                  | 40        | 60                 |

Réf. : [www.courir-plus-loin.com](http://www.courir-plus-loin.com)

# Fonctionnement

## ▶ Substrats énergétiques

- « Calorie » ou « joule » : énergie chimiques
- Environ 1 kcal/kg/km
  - Dépend du poids et de la distance / pas de la vitesse ou la durée
    - *Exemple : adulte - 70kg*
      - > *30min - 5km (10km/h) = 15min - 5km (20km/h) → 350 kcal*
- 3 substrats : Glucide / Lipide / Protéines

# Fonctionnement

- ▶ Substrats énergétiques
  - Glucides
    - Simples : sucre, miel,...
    - Complexe : céréales ou légumineuses

# Fonctionnement

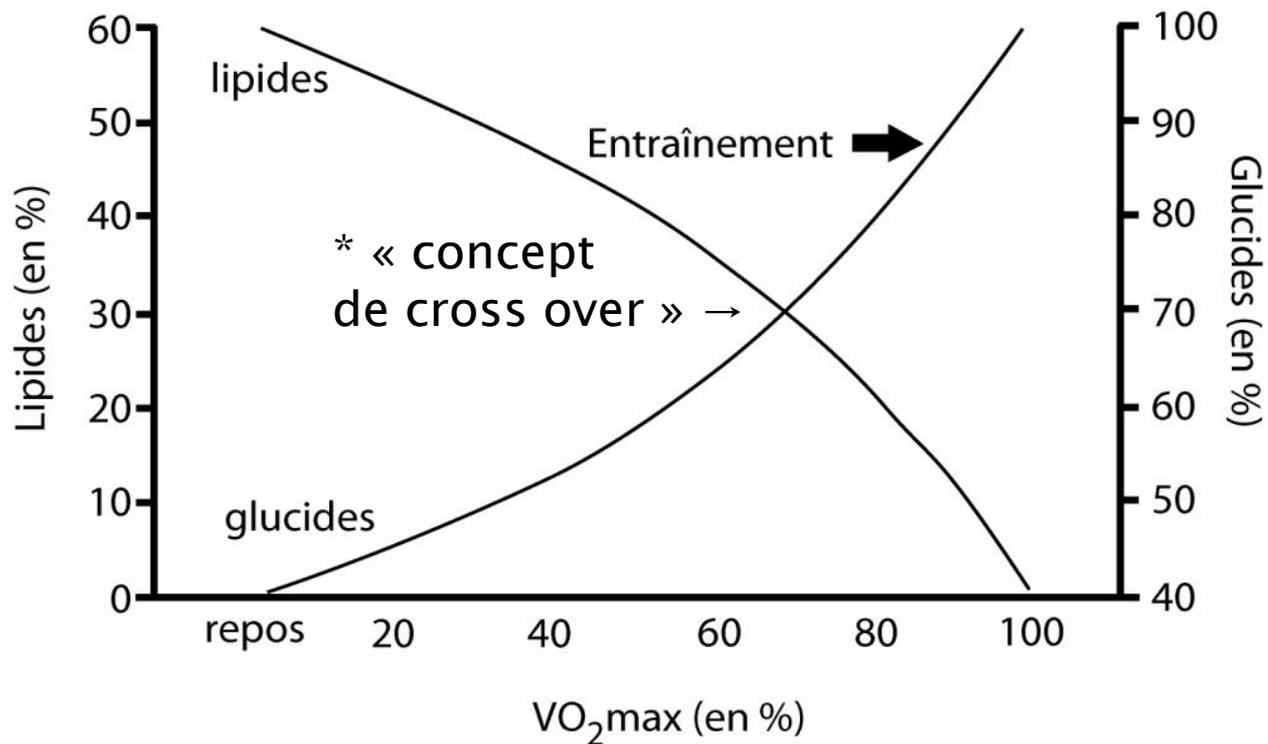
- ▶ Substrats énergétiques
  - Lipides
    - Triglycérides
    - Tissu adipeux
  - Rendement  $>$  / vitesse de dégradation  $<$   
+ pour supplées le Glycogène
  - Sources : huiles, beurre,...

# Fonctionnement

- ▶ Substrats énergétiques
  - Protéines
  - Rôle : structuraux (muscle, organisme)  
+ sources d'énergie : « dernier recours »
  - Sources : viande, poisson

# Fonctionnement

- ▶ Substrats énergétiques
  - Courbe de Keul / Brooks & Mercier (94)



Réf. : [www.courir-plus-loin.com](http://www.courir-plus-loin.com)

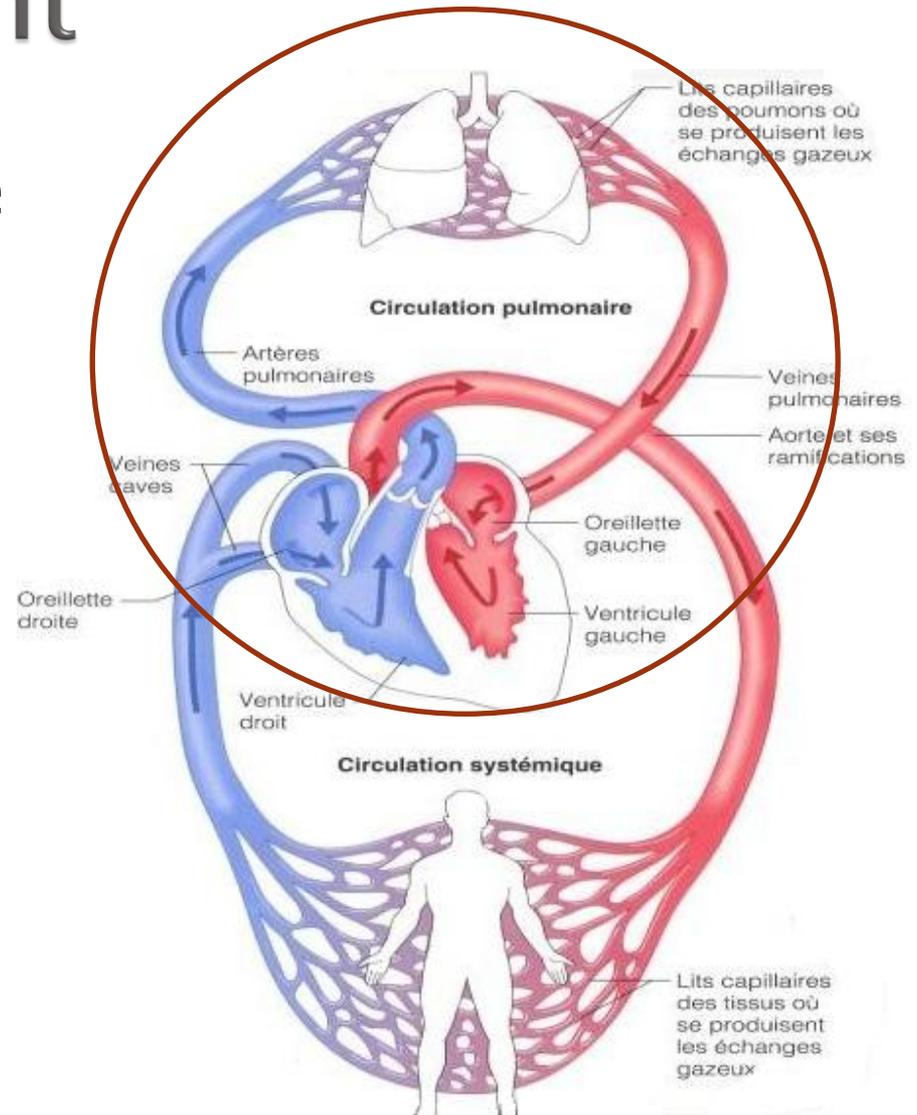
# Fonctionnement

## ▶ Terminologie

- VMA : vitesse maximale aérobie
- PMA : puissance maximale aérobie
- $VO_2 / VO_2\text{max}$ 
  - V : volume > dérivé par rapport au temps  
(ou V « point ») : débit  $\dot{V}$
  - O : oxygène + max : maximale
- v  $VO_2\text{max}$  : vitesse à  $VO_2\text{max}$
- FC / Fcmax : fréquence cardiaque + max : maximale
- **Attention !**
  - VMA ou VAM → A = aérobie
  - VMA ou Vmax → A = absolue

# Fonctionnement

## ► Système respiratoire



Réf. : *bv.alloprof.qc.ca*

# Fonctionnement

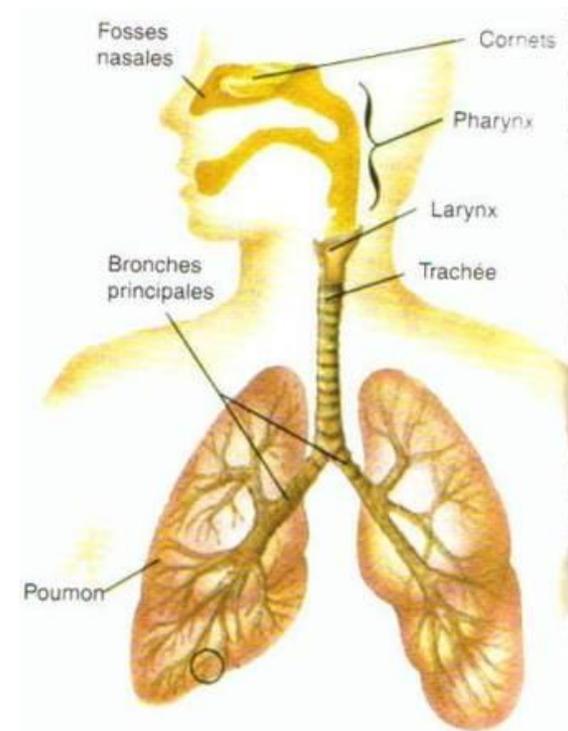
- ▶ **Système respiratoire**
  - Organisation anatomique du système
    - Zone de conduction :
      - 4 rôles :
        - Acheminer l'oxygène
        - Réchauffer l'oxygène
        - Purifier l'oxygène
        - Saturer l'oxygène en H<sub>2</sub>O (eau) – humidifier

# Fonctionnement

## ▶ Système respiratoire

### ◦ Organisation anatomique du système

- Zone de conduction :
  - 4 rôles
  - 4 structures :
    - Nez et cavité nasale
    - Pharynx (aliments et oxygène)
    - Larynx (aliments)
    - Trachée
    - Bronches
    - Bronchioles



Réf. : [amar-constantine.e-monsite.com](http://amar-constantine.e-monsite.com)

# Fonctionnement

- ▶ **Système respiratoire**
  - Ventilation :
    - Oxygène utilisé par les cellules (mitochondrie)

# Fonctionnement

- ▶ **Système respiratoire**
  - Ventilation
    - Muscles

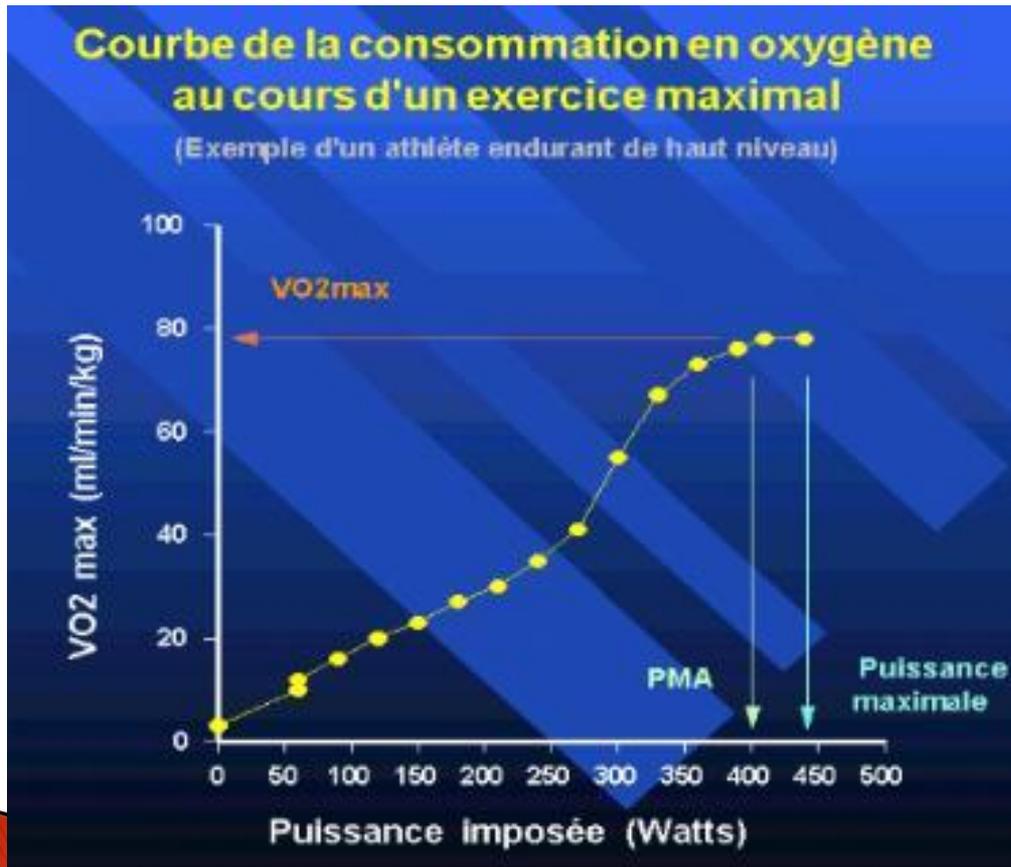
| Conditions | I/E         | A/P     | Actions                                       |
|------------|-------------|---------|---|
| Repos      | Inspiration | Active  | Diaphragme                                    |
|            | Expiration  | Passive | Propriété élastique                           |
| Actif      | Inspiration | Active  | Diaphragme + m. accessoires + m. intercostaux |
|            | Expiration  | Active  | Abaissement côte et abdo.                     |

# Fonctionnement

- ▶  $\text{VO}_2$  max
  - Unité  $\text{VO}_2$ max : mL/min/kg
  - Mesure : test maximal avec analyse des gaz inspirés/expirés
  - Extrapolation : tests maximaux (*ex : VAMEval*)

# Fonctionnement

- ▶ À VMA on atteint  $VO_2$  max



Réf. : flickr.com

Réf. : [physiomax.com.free.fr](http://physiomax.com.free.fr)

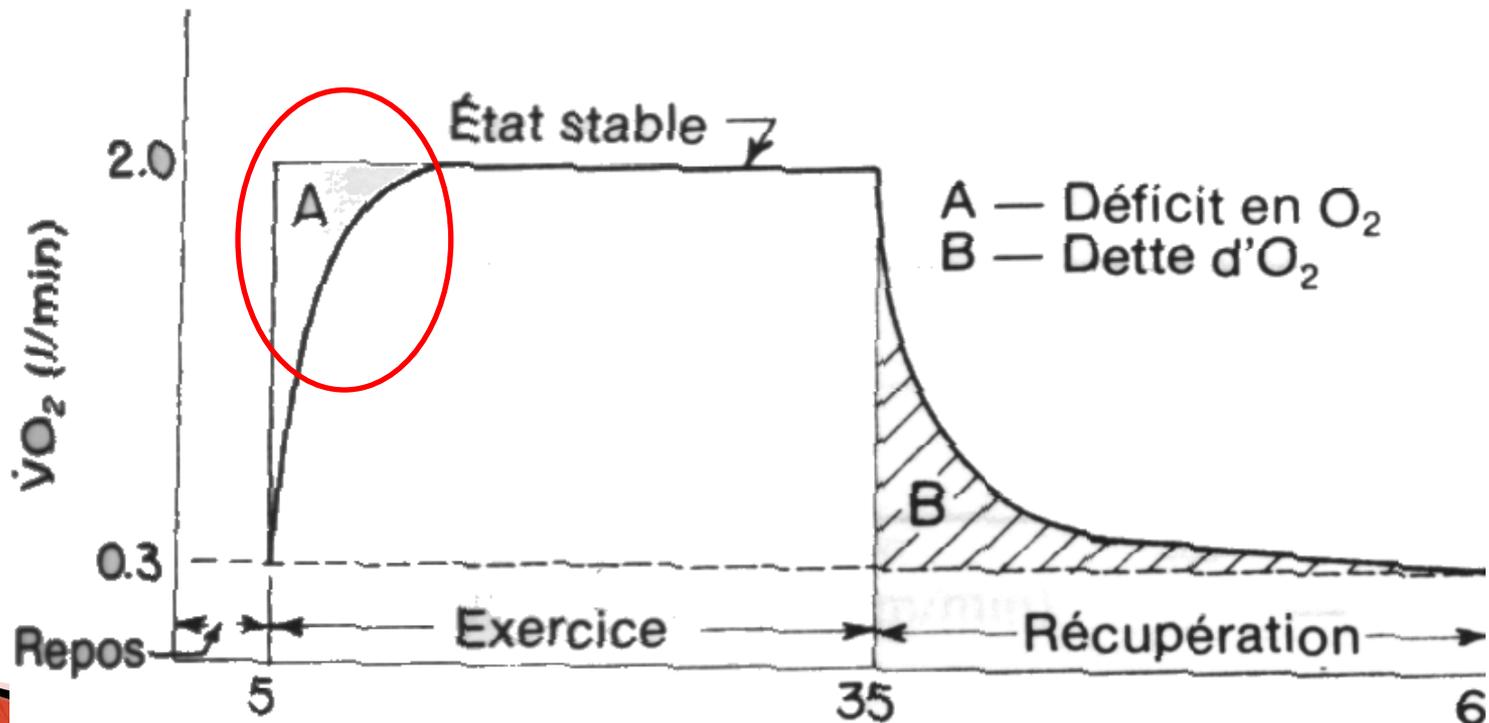
# Fonctionnement

- ▶  $VO_2$  max
  - *Exemple*

| Populations                   | $VO_2$ max | VAM équivalente |
|-------------------------------|------------|-----------------|
| Peu ou moyennement actifs     | 30 à 45    | 8.8 à 12.8      |
| Bonne condition physique      | 45 à 55    | 12.8 à 15.8     |
| Excellente condition physique | 55 à 65    | 15.8 à 18.5     |
| Elites (sports aérobies)      | 65 à 90    | > 18.5          |

# Fonctionnement

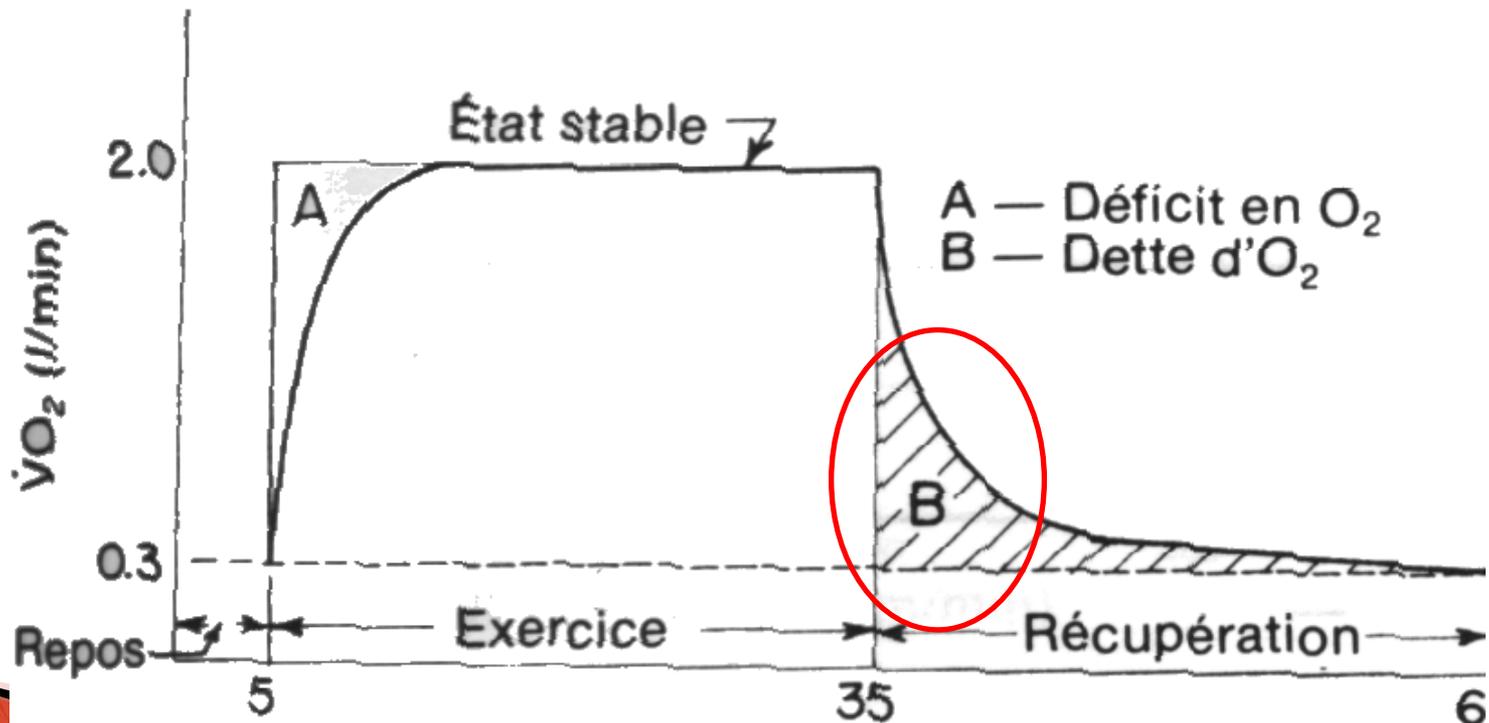
- ▶  $\dot{V}O_2$  max
  - Notions de déficit et de dette en oxygène
    - Déficit : décalage demande E et fourniture E



Ret. : [t.verson.free.fr](http://t.verson.free.fr)

# Fonctionnement

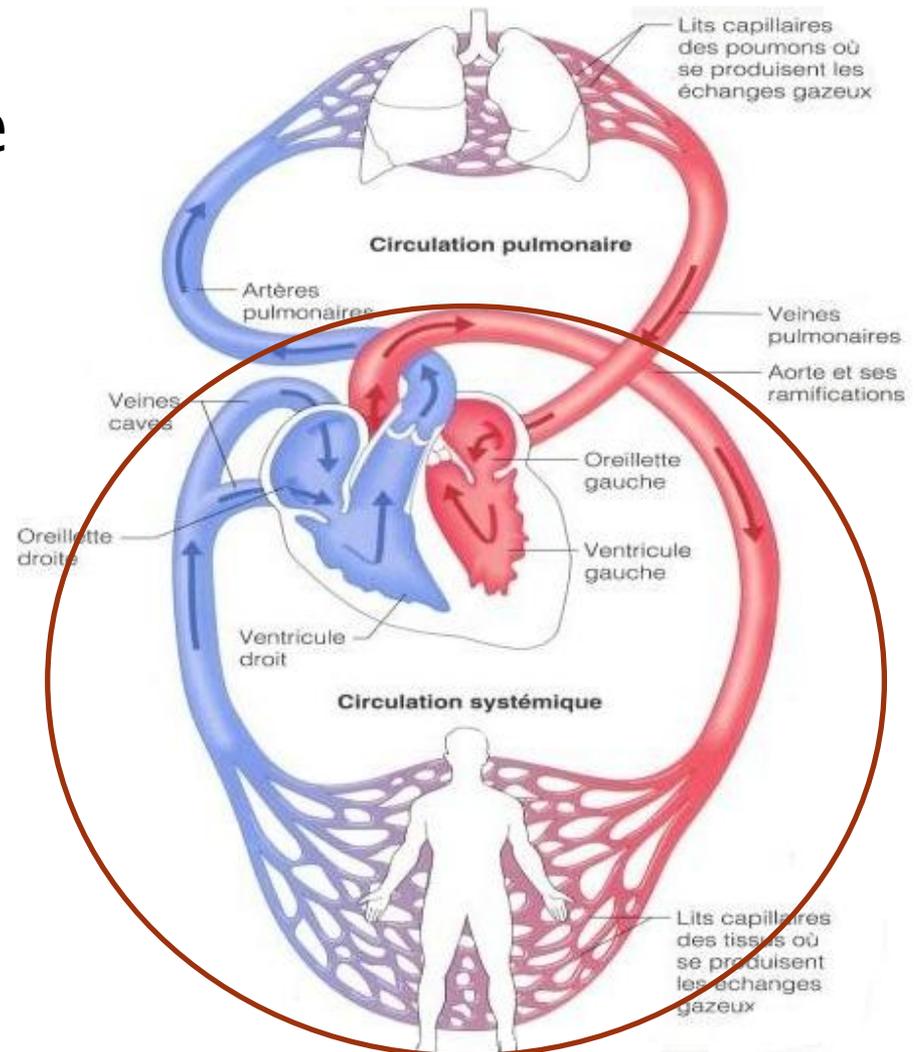
- ▶  $\dot{V}O_2$  max
  - Notions de déficit et de dette en oxygène
    - Déficit : décalage demande E et fourniture E



Ret. : [t.verson.free.fr](http://t.verson.free.fr)

# Fonctionnement

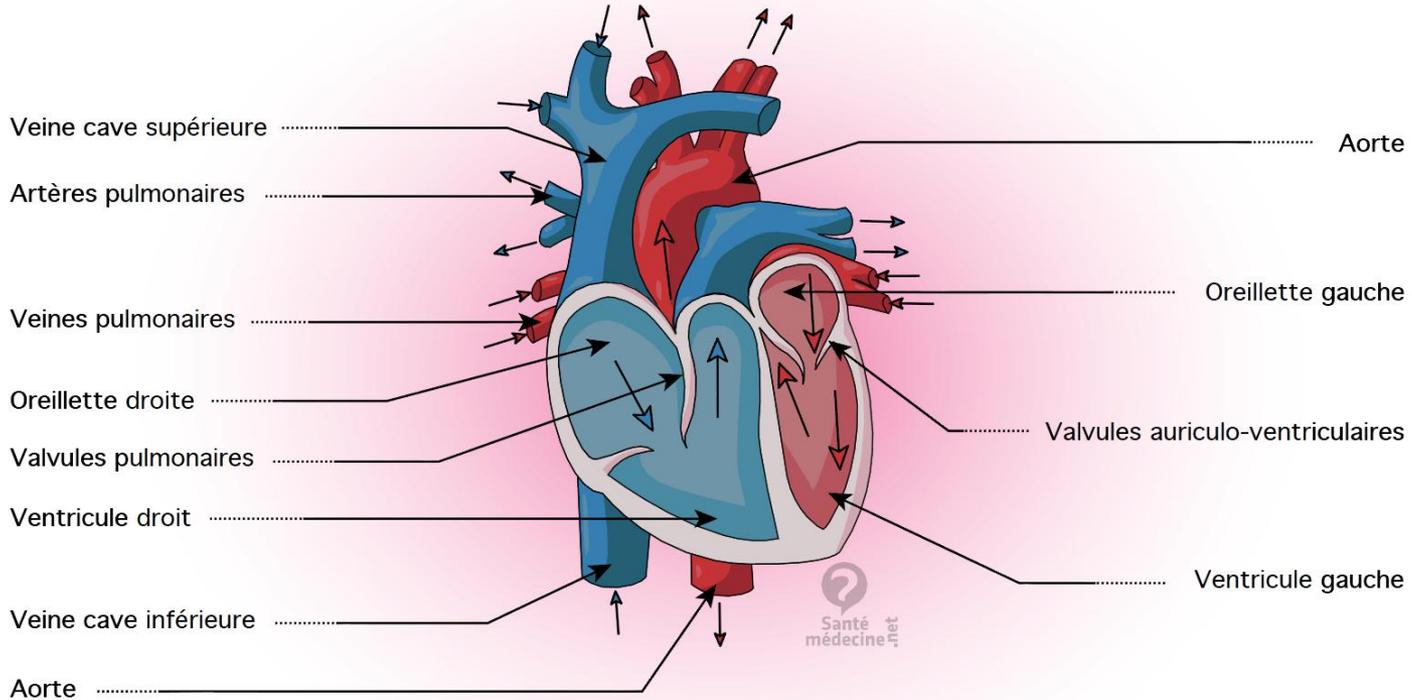
## ► Système circulatoire «cardio-vasculaire»



Réf. : *bv.alloprof.qc.ca*

# Fonctionnement

- ▶ Système circulatoire
  - Le cœur



Réf. : [sante-medecine.commentcamarche.net](http://sante-medecine.commentcamarche.net)

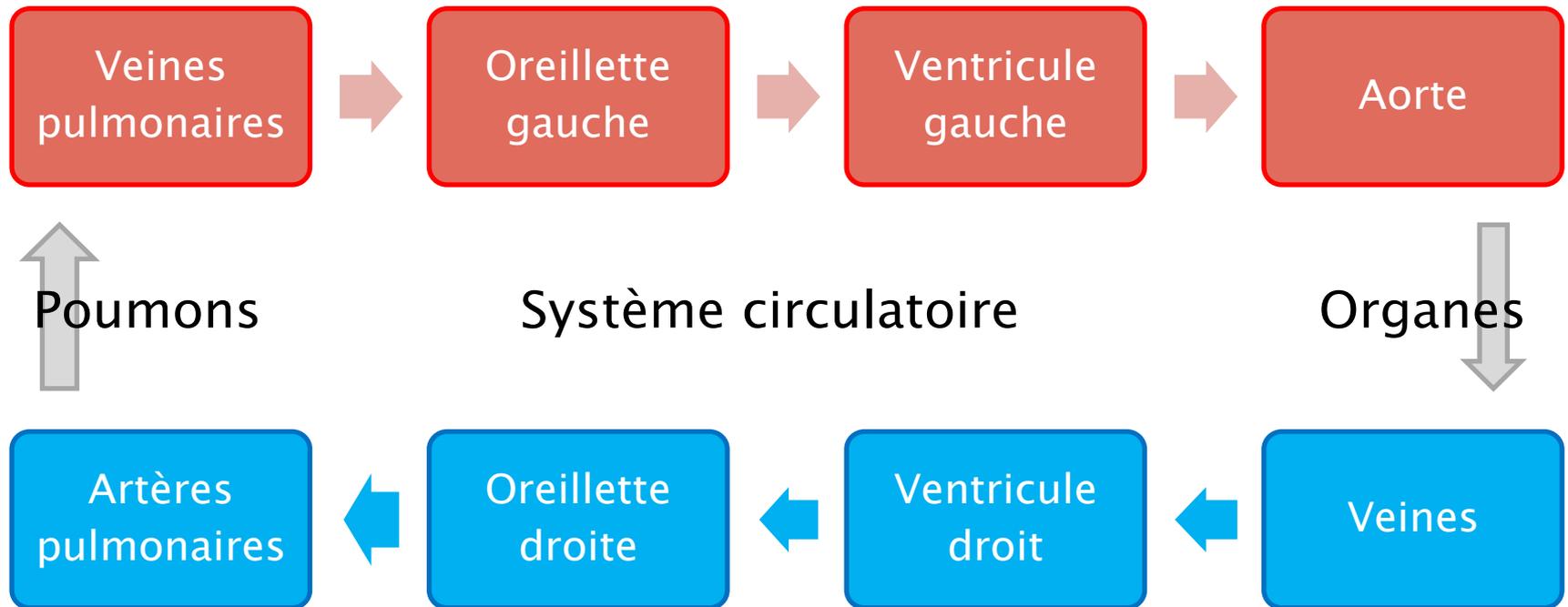
# Fonctionnement

## ▶ Système circulatoire

### ◦ Le cœur

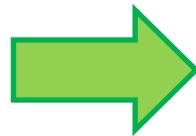
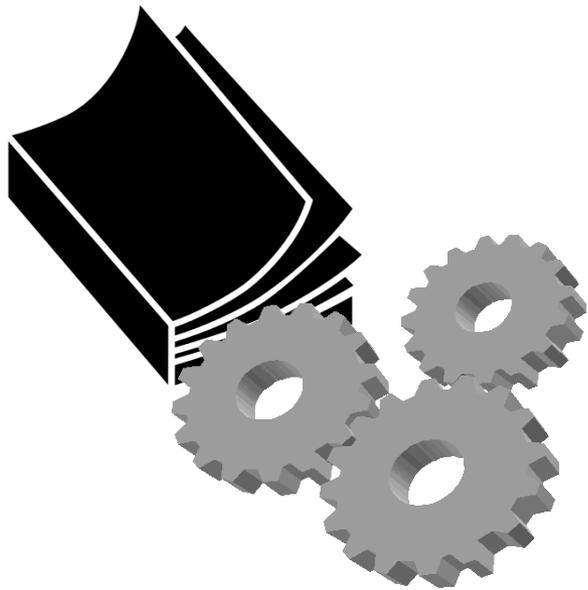
- Myocarde/muscle cardiaque
- Circulation
  - 5 à 6L de sang
  - Globules rouges pour le transport d'oxygène
  - « Parcours » (*cf. schéma : système*)

# Fonctionnement



*Réf. : sante-  
medecine.commentcam  
arche.net*

# Fonctionnement > Terrain



*Réf. : paranormale-entreprise.fr, ecologeeks.eelv.fr & mgde.fr*

# Terrain

- ▶ Adaptation à l'effort et à l'entraînement
  - Préambule :
    - Adaptation : réponse de l'organisme
      - Exercice : ↘ réserves énergétiques donc ↗ dépenses énergétiques
        - par ↗ VO<sub>2</sub> et FC
        - par ↗ température (sudation)
    - Déséquilibre donc stress = rétablir « l'homéostasie »
    - ➔ Se termine quelques minutes après l'exercice

# Terrain

- ▶ Adaptation à l'effort et à l'entraînement
  - Préambule :
    - Adaptation : réponse de l'organisme
      - Entraînement :
        - adaptation cardiaque (taille du cœur)
        - retarde la fatigue : SL, utilisation de l'oxygène, augmente les réserves énergétique et la masse musculaire
  - Pendant la récupération
  - ➔ À long terme

# Terrain

## ▶ La fatigue : Terminologie

### ◦ C-Y Guézennec

- Fatigue : état résultant de contraintes physique et psychologique entraînant une diminution de la performance physique et/ou mentale

### ◦ Weineck :

- Baisse des capacité de performance réversible
- Entraînement (si fatigue) entraîne un augmentation du temps de récupération et de la FC
- Temps de récupération pour reformer les réserves E.
- Epuisement  $\neq$  fatigue : entraine l'arrêt de l'exercice

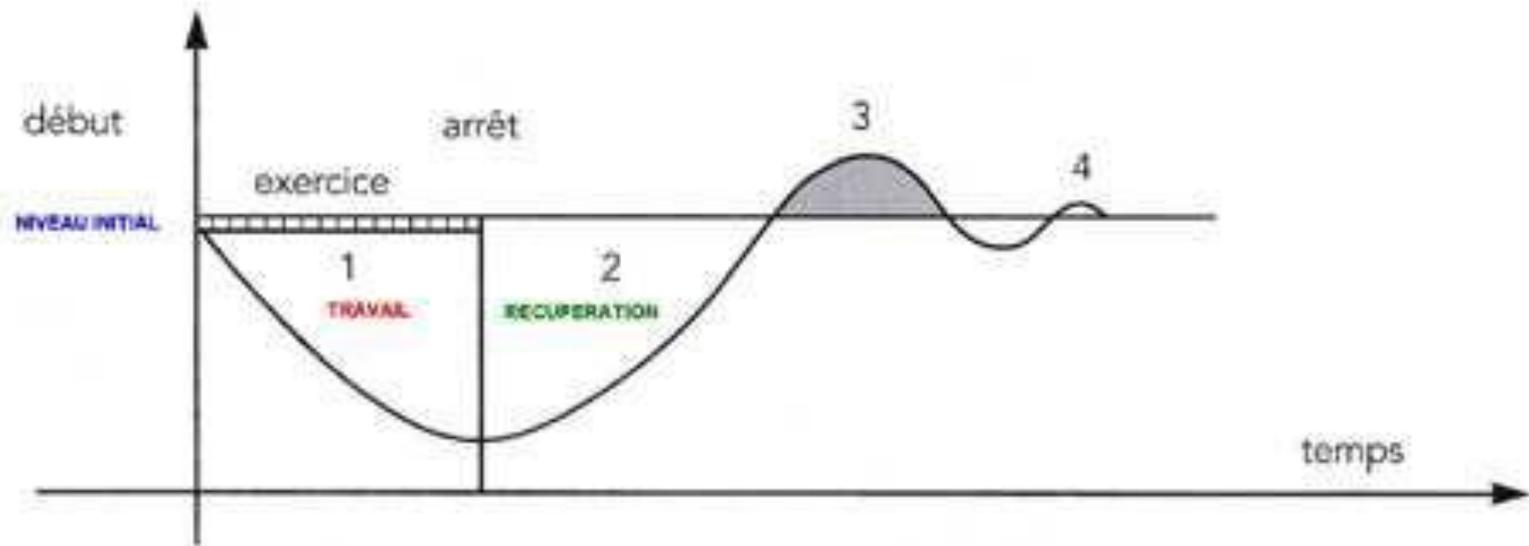
# Terrain

## ▶ Fatigue et entraînement

- But : générer de la fatigue
  - Surcompensation \*
  - Développer la résistance à la fatigue
  - Renforcer le cœur
    - Cœur athlète > cœur sédentaire (volume)
    - Cœur athlète < cœur sédentaire (FC)
  - Augmentation du volume musculaire
  - Baisse de la souffrance (baisse du stress)
- Fatigue
  - « aigue » : normale (habituation)
  - « chronique » : pathologique (dure dans le temps)

# Terrain

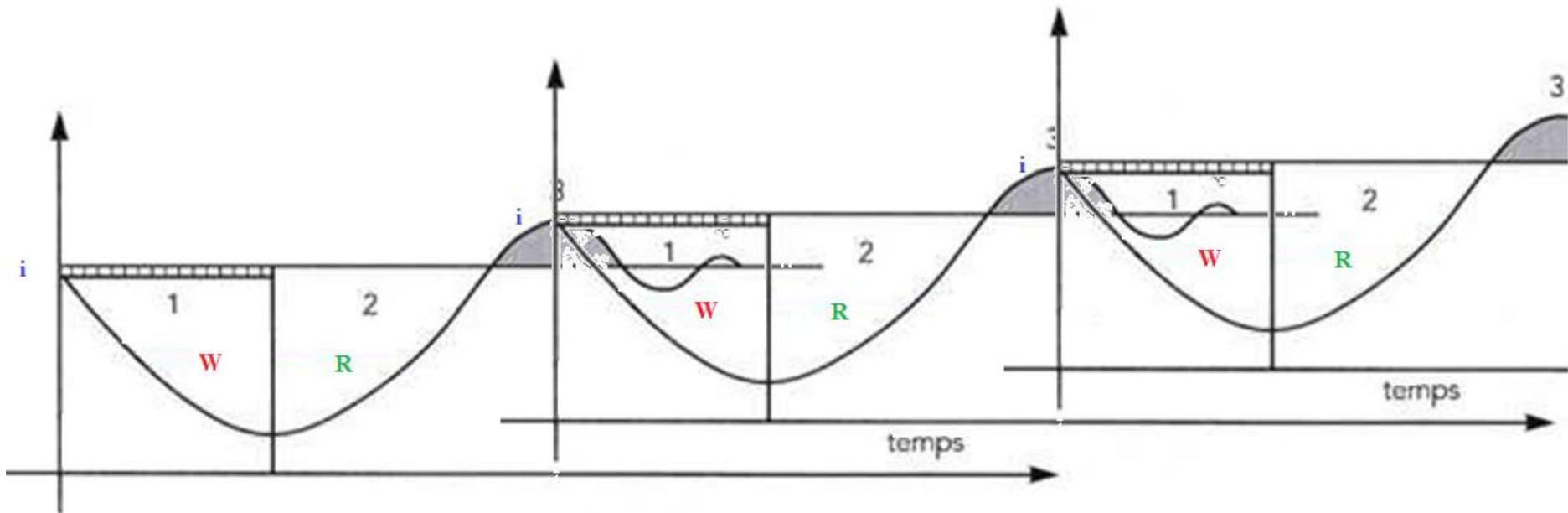
- ▶ Fatigue et entraînement
  - Surcompensation :



Réf. : [www.vsprint.com](http://www.vsprint.com)

# Terrain

- ▶ Fatigue et entraînement
  - Surcompensation → objectif de l'entraînement



Réf. : [www.vsprint.com](http://www.vsprint.com)

# Terrain

- ▶ Méthode de FCmax
  - de Karvonen :  $FC_{max} = 220 - \text{âge}$
  - de la FC de réserve :  $FC_{max} - FC_{repos}$
  - « charge interne » : FC/vitesse

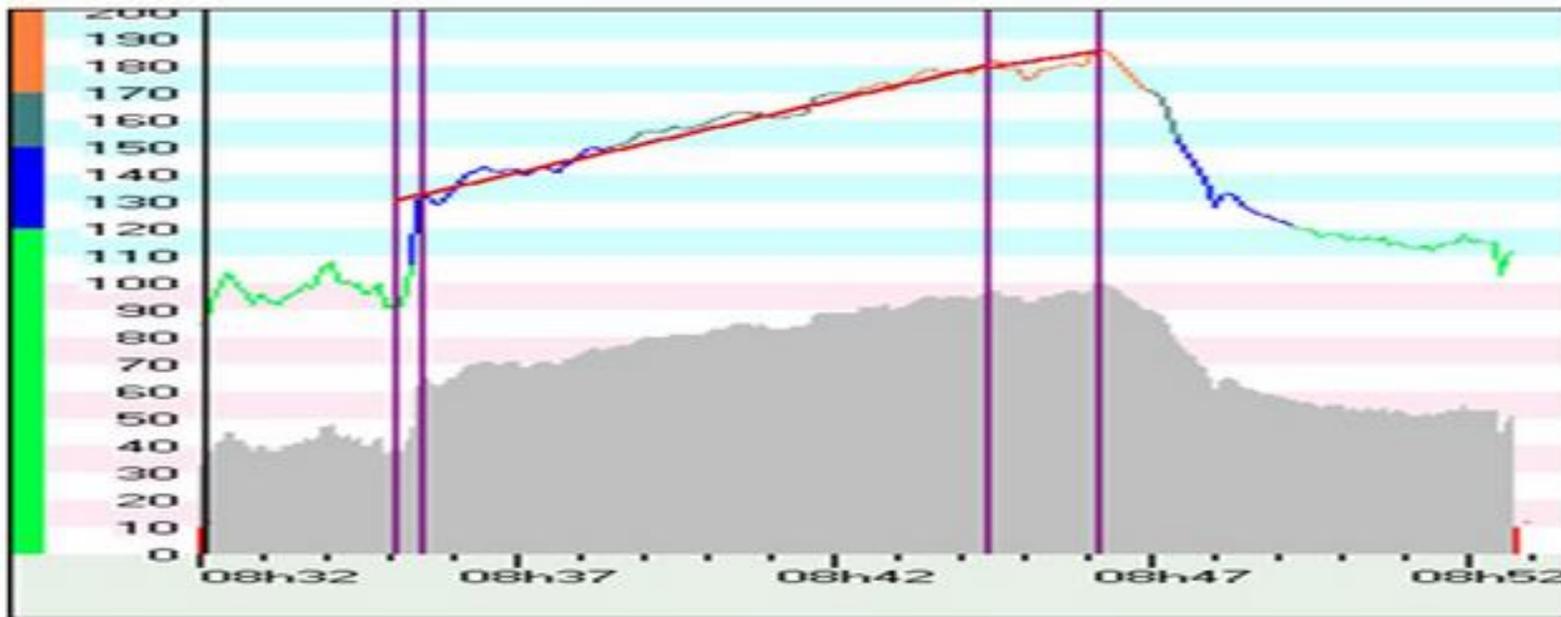
# Terrain



Réf. : [inuka.com](http://inuka.com)

## ▶ À VMA on atteint FCmax

Analyse d'un test Aérobie:



Résultats:

VMA : 14,5 km/h (acceptable)

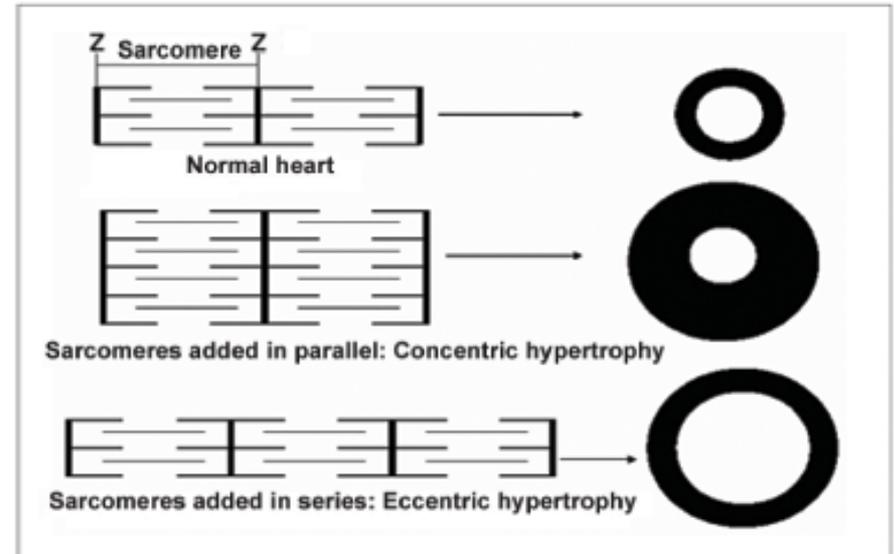
Indice récupération à 30" : 9 (indice faible)

Indice de récupération à 1' : 18 (indice faible)

Réf. : [lideplayer.fr](http://lideplayer.fr)

# Terrain

- Sarcomères
  - Séries : travail concentrique
  - Parallèles : travail Excentrique



*Figure 2 - Differentiation between the eccentric (volume overload) and the concentric (pressure overload) hypertrophy. Sarcomere: space between two Z discs.*

Hypertrophie = « augmentation du volume des fibres musculaires existantes »

Hyperplasie : « création de nouvelles fibres »

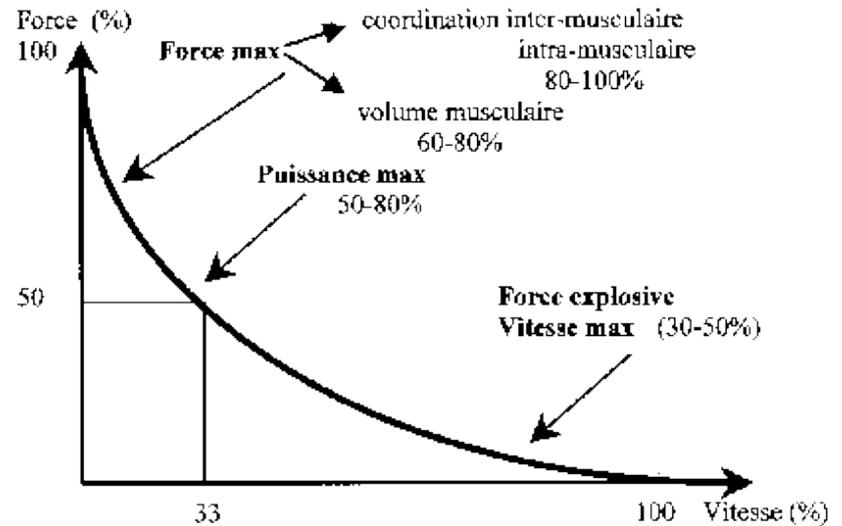
Etirements = excentrique

# Terrain

- Relation force–vitesse (Bosco)

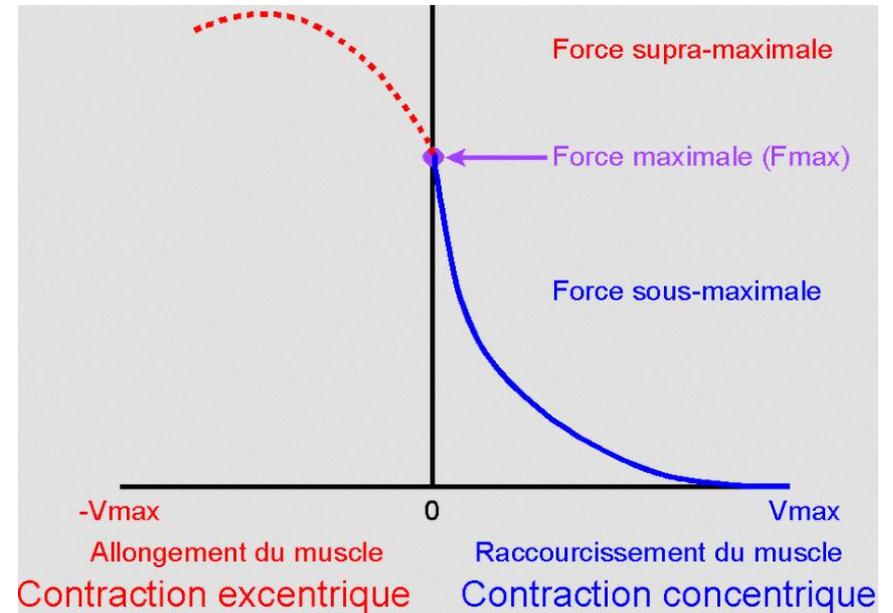
Objectifs différents :

- $F_{max}$  → vitesse faible
- $V_{max}$  → force faible



# Terrain

- Relation force–vitesse



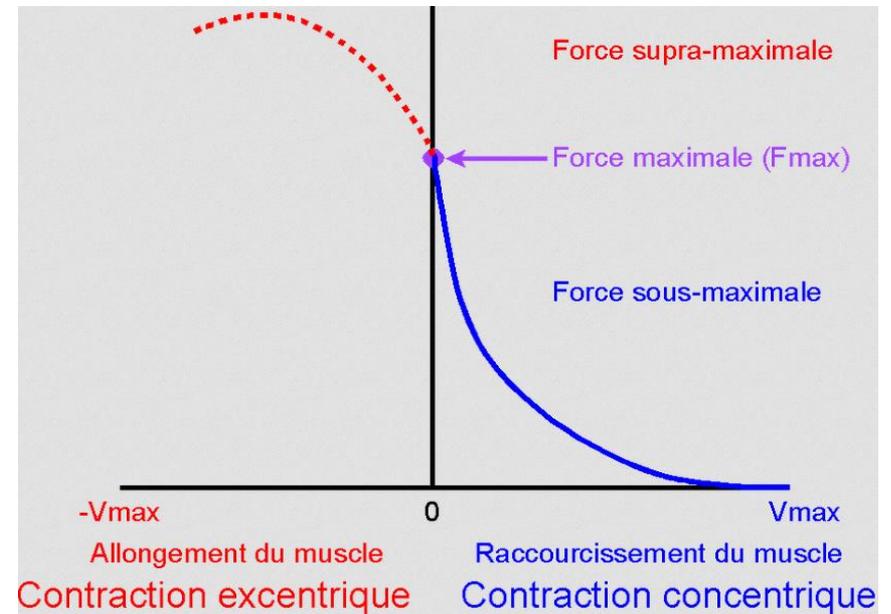
## Excentrique

- Tension supérieure à la Fmax

Réf. : [er.uqam.ca](http://er.uqam.ca)

# Terrain

- Relation force–vitesse



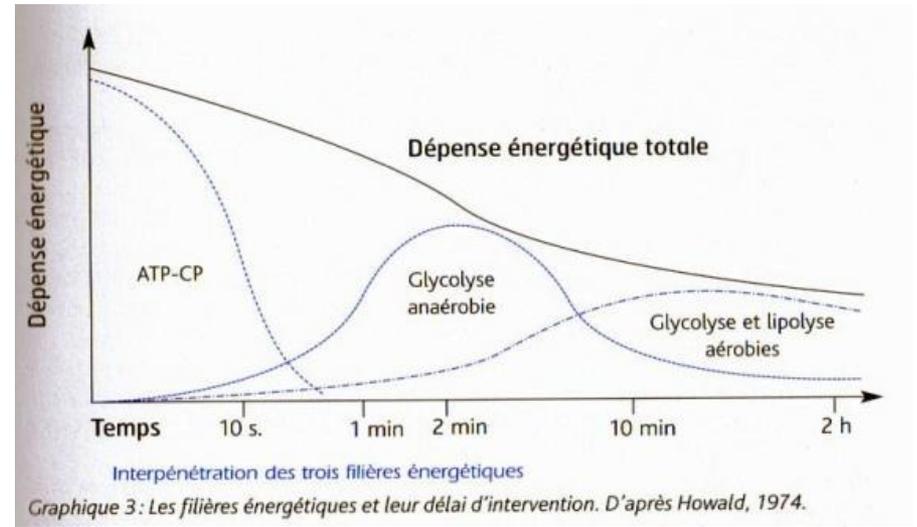
## Isométrique

- Maximale :  $I_{max}$  (voire sub-max) – temps réduit (4 à 6s)
- Totale :  $I_{max}$  sous max – temps max

Réf. : [er.uqam.ca](http://er.uqam.ca)

# Terrain

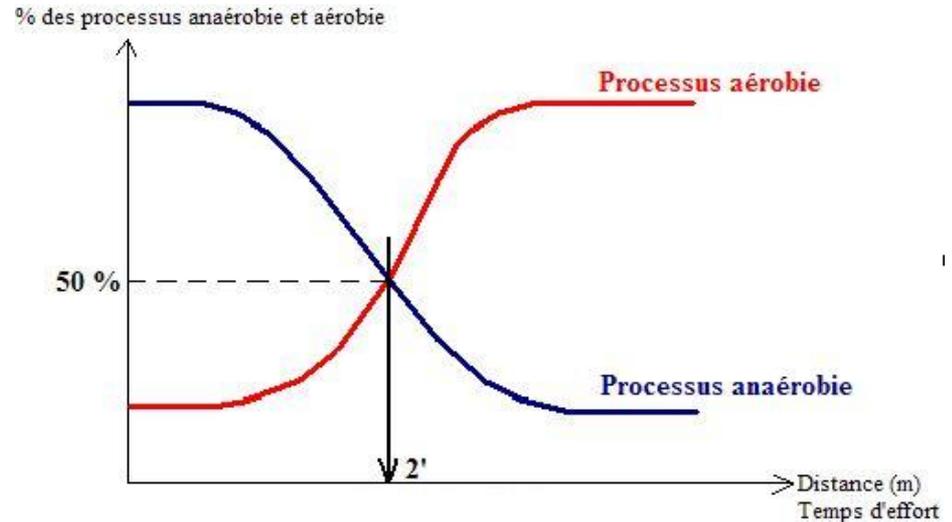
- Filières énergétiques
  - Courbe d'Howald



- Durée et intensité de travail

# Terrain

- Filières énergétiques
  - Courbe de Keul



- Objectifs :
  - Perte de poids : effort prolongé, intensité faible
    - Élimination des L
  - Augmenter les réserves énergétiques : Gn
    - Intensité importante – durée réduite (quelques minutes)

# Terrain

H.ASSADI – UB

## ZONES DES INTENSITES UTILES ½ FOND (DIJON UNI CLUB)

INTENSITE  
En % de PMA

(ASSADI. H)

