



UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE

FACULTÉ DE MÉDECINE



Hôpitaux  
Universitaires  
Genève

# ENERGIE DU MOUVEMENT

Locomotion, activité physique – 1BA

Bachelor 1<sup>ère</sup> année - SCIENCES MEDICALES DE BASE  
Centre médical universitaire (CMU) – Université de Genève (UNIGE)

13.04.2026



PHYSIOLOGICAL REVIEW ©2025 | doi: 10.1152/physrev.00045.2024



<https://moodle.unige.ch/course/view.php?id=4229>

Ivo NETO SILVA, PT, MSc, PhDc

Service de soins intensifs adultes – Département de médecine aiguë (DMA) | HUG

Chargé de recherche et implémentation (Responsable clinique et scientifique) – domaine de la physiothérapie | Direction des soins | HUG

Groupe de recherche en hémodynamique (GRH) et Centre de recherche sur le muscle squelettique et le mouvement (CR2M) | Faculté de médecine | UNIGE

*\*Cours développé avec le Dr Bernardo Bollen Pinto*

# Plan d'enseignement

HORAIRE 1<sup>ère</sup> année 2025-2026

SEMAINE 24

	Lundi		Mardi		Mercredi		Jeudi		Vendredi	
	13.04.2026		14.04.2026		15.04.2026		16.04.2026		17.04.2026	
08h15-09h00					Chimie organique 13 S. Matile / S. Hoogendoorn <i>CMU/Champendal</i>					
09h15-10h00			Réponse cardio-vasculaire et respiratoire à l'exercice I. Neto Silva <i>CMU/Champendal</i>				Entraînement physique I. Neto Silva <i>CMU/Champendal</i>			
10h15-11h00	Energie du mouvement I. Neto Silva <i>CMU/Champendal</i>		Pharmacologie 1 M. Besson <i>CMU/Champendal</i>		Activité Physique et Capacité fonctionnelle (recommandations et mesures) I. Neto Silva <i>CMU/Champendal</i>		Cas de liaison Mucoviscidose 7 G. Berra <i>CMU/Champendal</i>			
11h15-12h00							MFE 6 : La MFE illustrée M. Bideau / D. Haller-Hester / C. Gillibert <i>CMU/Champendal</i>			
12h15-13h00										



UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE  
FACULTÉ DE MÉDECINE

## Locomotion, activité physique

<https://moodle.unige.ch/course/view.php?id=4229>

### Liens avec autres cours

Bases moléculaires de la contraction – S. Koenig

<https://moodle.unige.ch/course/view.php?id=3906>

Anatomie – JY. Beaulieu

<https://moodle.unige.ch/course/view.php?id=3926>

Système nerveux – D. Jabaubon

<https://moodle.unige.ch/course/view.php?id=3907>

Os – N. Bonnet

<https://moodle.unige.ch/course/view.php?id=4228>

Obésité et lipide - P. Maechler/Z. Pataky

<https://moodle.unige.ch/enrol/index.php?id=4230>

Système cardiovasculaire – C. Montessuit & P. Bijlenga

<https://moodle.unige.ch/course/view.php?id=4174>

# Objectifs d'apprentissage

---

A la fin de ce cours, vous devriez être capable de :

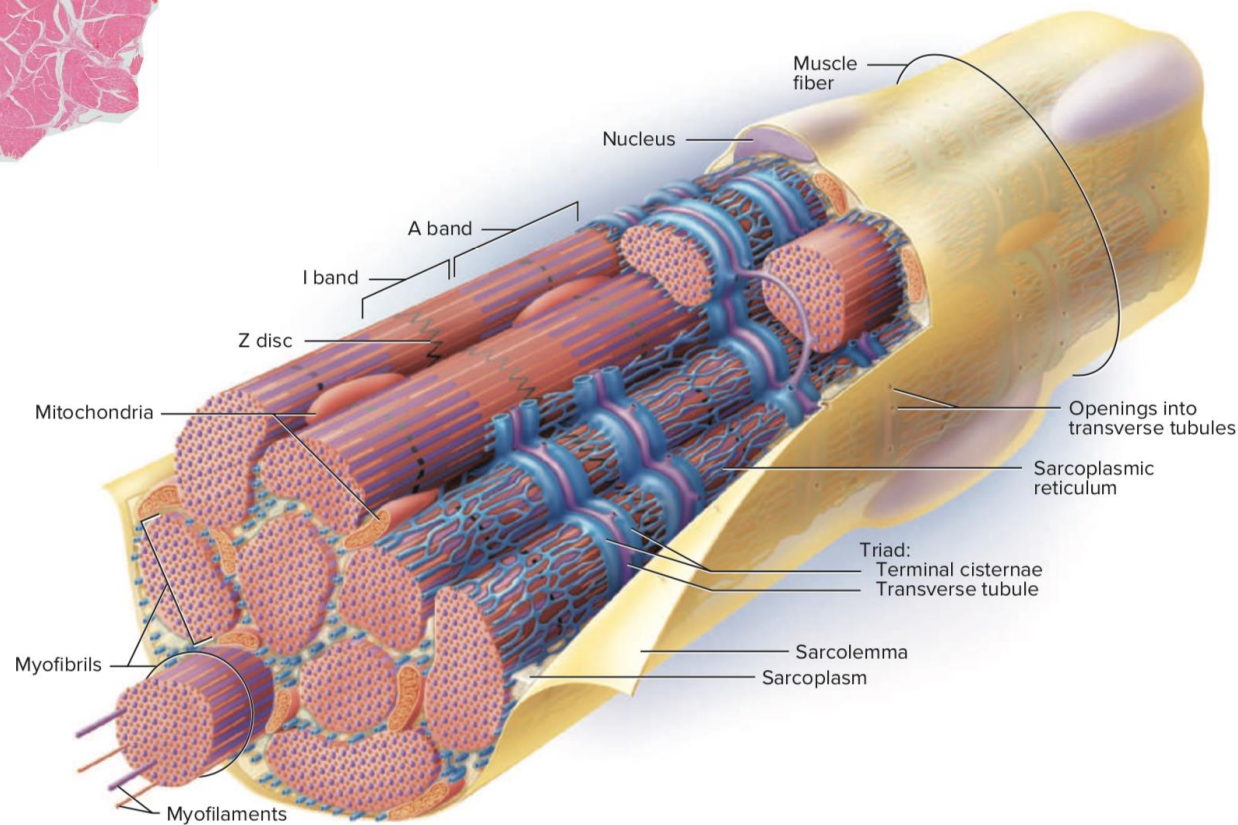
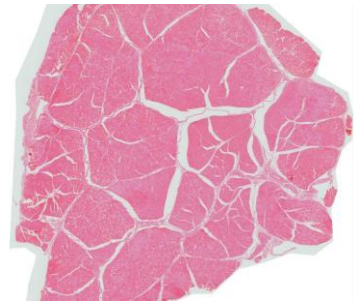
- Décrire/rappeler les événements moléculaires consommant l'ATP pendant le mouvement
- Énumérez les nutriments utilisés comme carburants pendant l'exercice
- Discuter les voies biochimiques impliquées dans la production d'ATP dans le muscle dans la présence et absence d'oxygène
- Interpréter un tracé de calorimétrie indirecte à l'effort
- Comprendre les concepts de rendement et coût énergétique de la marche
- Identifier le principal combustible utilisé par le muscle selon la durée et intensité de l'exercice

# Programme

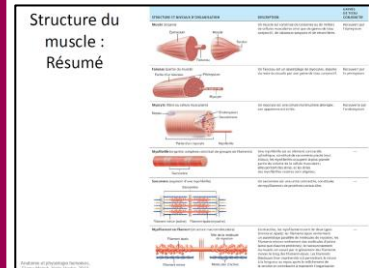
---

- **Mécanismes moléculaires de consommation d'énergie associés au mouvement**
- Bioénergétique cellulaire du mouvement (production ATP)
- Métabolisme du mouvement et exercice

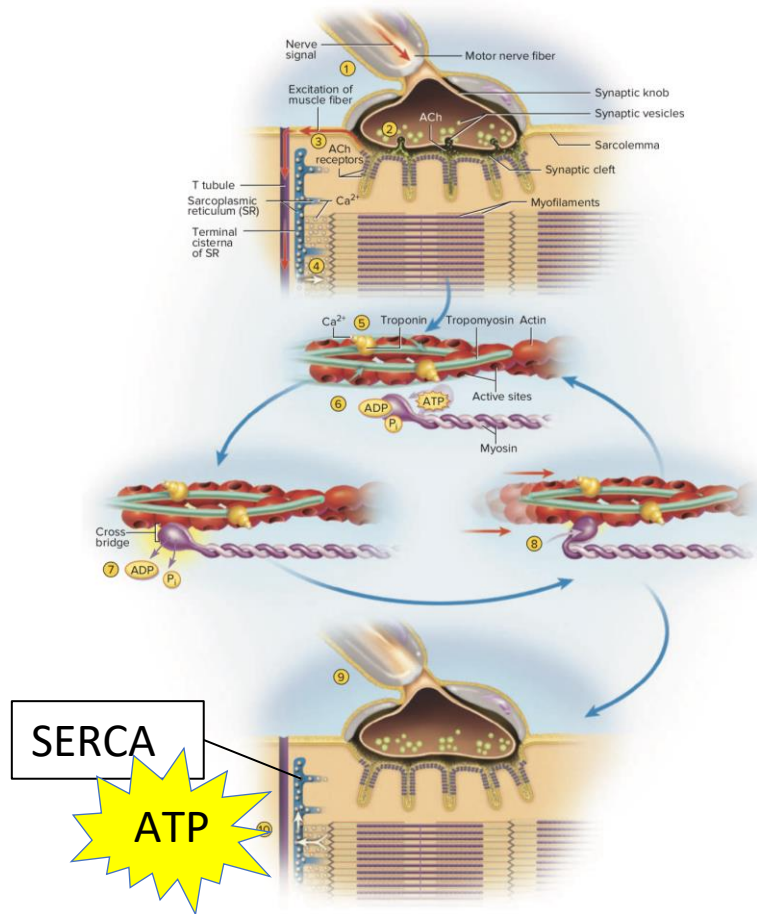
# La fibre musculaire



**Rappel cours**  
 Structure et fonction du muscle squelettique abordés dans le cours de S. König – [lien moodle](#)



# Couplage Excitation-Contraction et Interaction Actine-Myosine



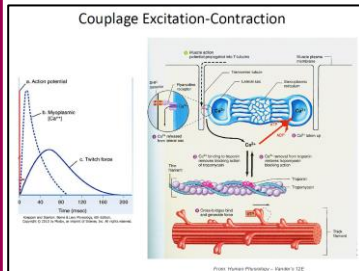
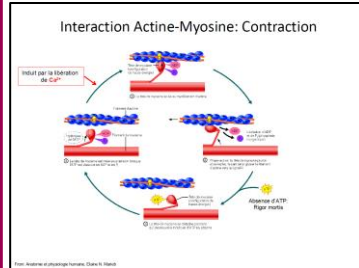
1. Excitation

2. Contraction

3. Relaxation

**Rappel cours**

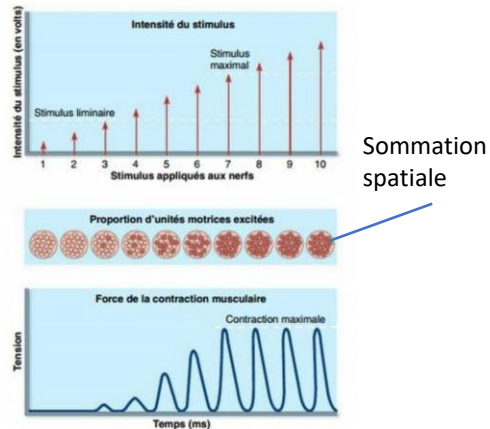
Structure et fonction du muscle squelettique abordés dans le cours de S. König – [lien moodle](#)



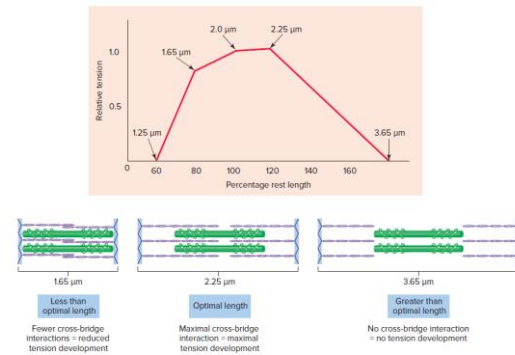
# Force musculaire

- La force musculaire dépend de :

## 1. Nombre de unités motrices (et donc nombre d'interactions actine-myosine)

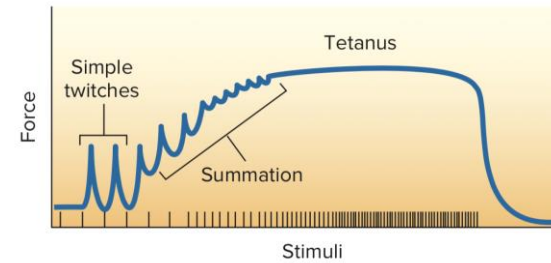


## 2. Longueur initiale de la fibre



## 3. Type de stimulation nerveuse

Contraction musculaire  $\rightarrow$  mouvement *dans le corps*



## 4. Vitesse de contraction

## 5. Historique de contraction

### Rappel cours

Les facteurs qui influencent la force musculaire abordés dans le cours de

S. König – [lien moodle](#)

### Modulation de la force musculaire?

- Taille des fibres (Nombre de myofibrilles / cellules)
- Composition du muscle (Fibres lentes / Rapides)
- Fréquence de stimulation (Tétanos)
- Nombre de fibres qui se contractent (Sommatation spatiale)

### S. Armand – [lien moodle](#)

### Les facteurs qui influencent la force musculaire

- **Structure du muscle**
  - Taille du muscle (PCSA)
  - Angle de pénétration
  - Type de fibres
  - Organisation des fibres (// ou série)
- **Interaction muscle/tête**
  - Insertion / Origine (trajet)
  - *bon levier*
- **Recrutement**
  - Fréquence de décharge des unités motrices
  - Nombre d'unités motrices activées
  - Type d'unités motrices activées (fibres type I ou II)
- **Mouvement réalisé**
  - Vitesse d'action musculaire
  - Modalité de l'action (concentrique, excentrique...)
  - Position articulaire (angle)
    - *bon levier*
    - Recrutement des myofibrilles
    - *Évitement passif muscle et tendon*

# Force musculaire & Vitesse de contraction

↑ Vitesse  
(Contractions rapides)



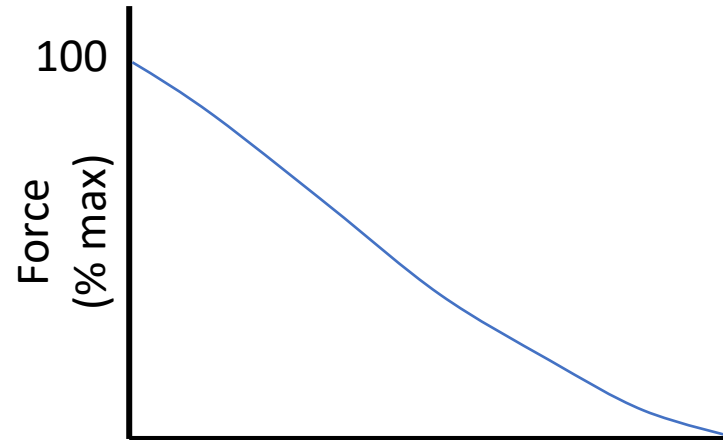
↓ Temps  
pour cross-bridges  
myosine-actine



↓ Interactions  
myosine-actine



↓ Force



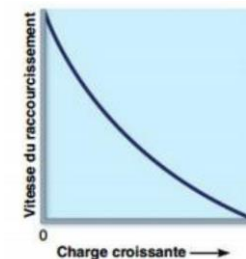
**Force MIN**

Vitesse mouvement

**Vitesse MAX**

Filaments d'actine et de myosine glisse plus vite que le temps nécessaire pour un « power stroke » de têtes de myosine

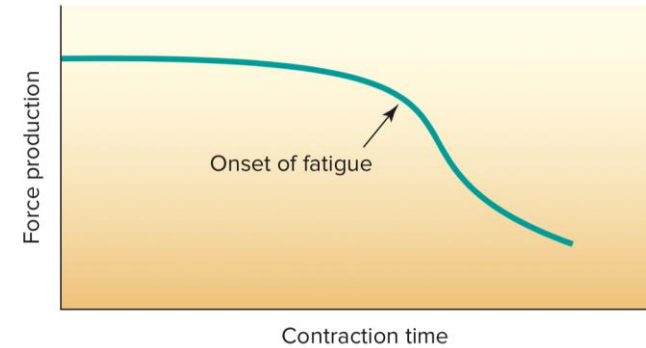
- La vitesse max est générée avec les plus petites charges



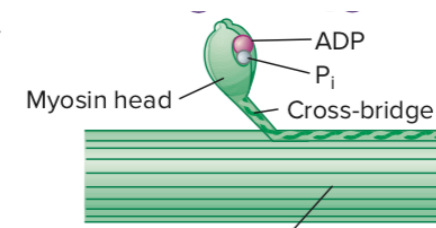
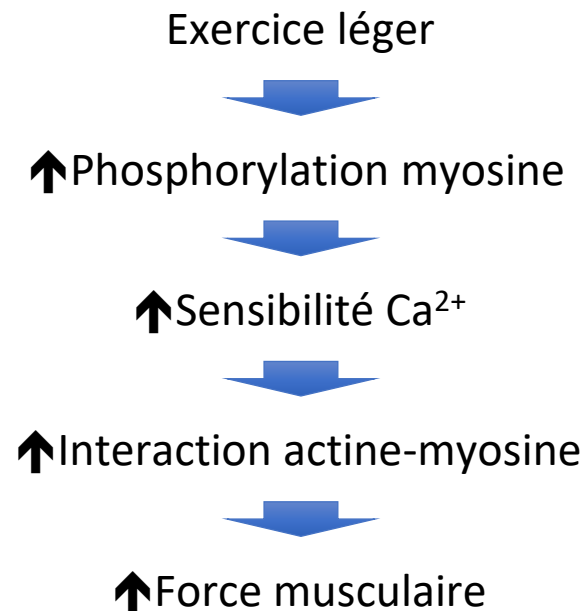
# Force musculaire & historique de la contraction

## 1. Fatigue

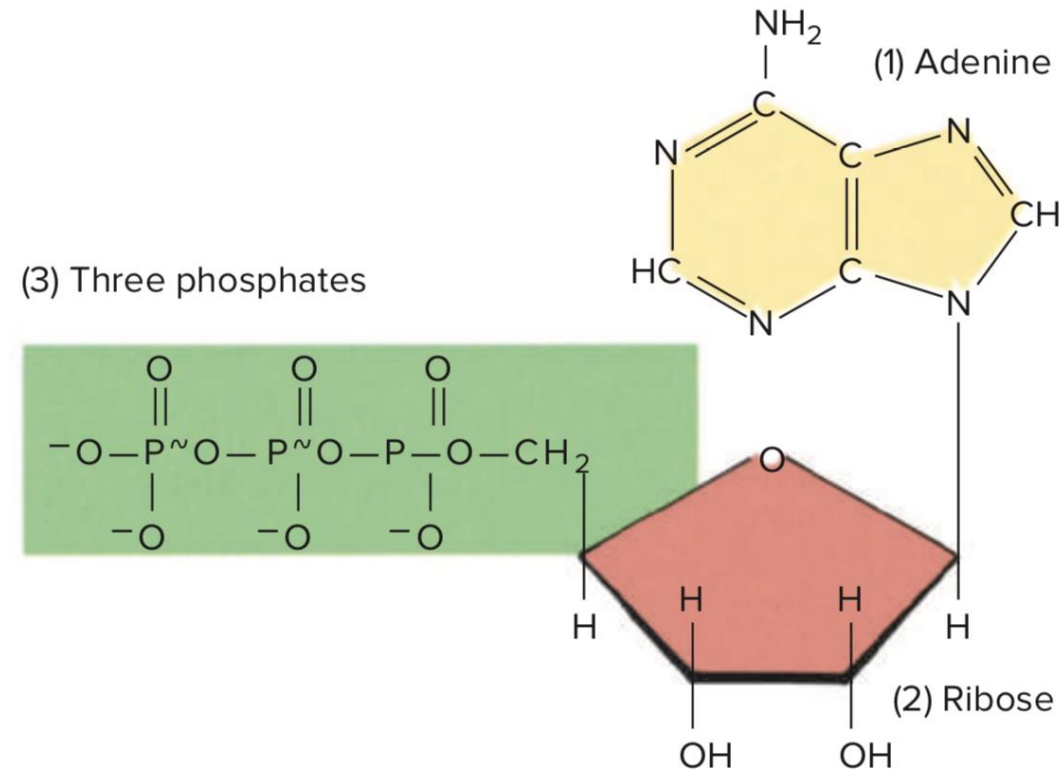
- Réversible
- Multifactoriel:
  - $\text{Ca}^{2+}$
  - $\text{H}^+$
  - Système nerveux central



## 2. *Post-activation potentiation* (échauffement)



# ATP - Énergie utilisable

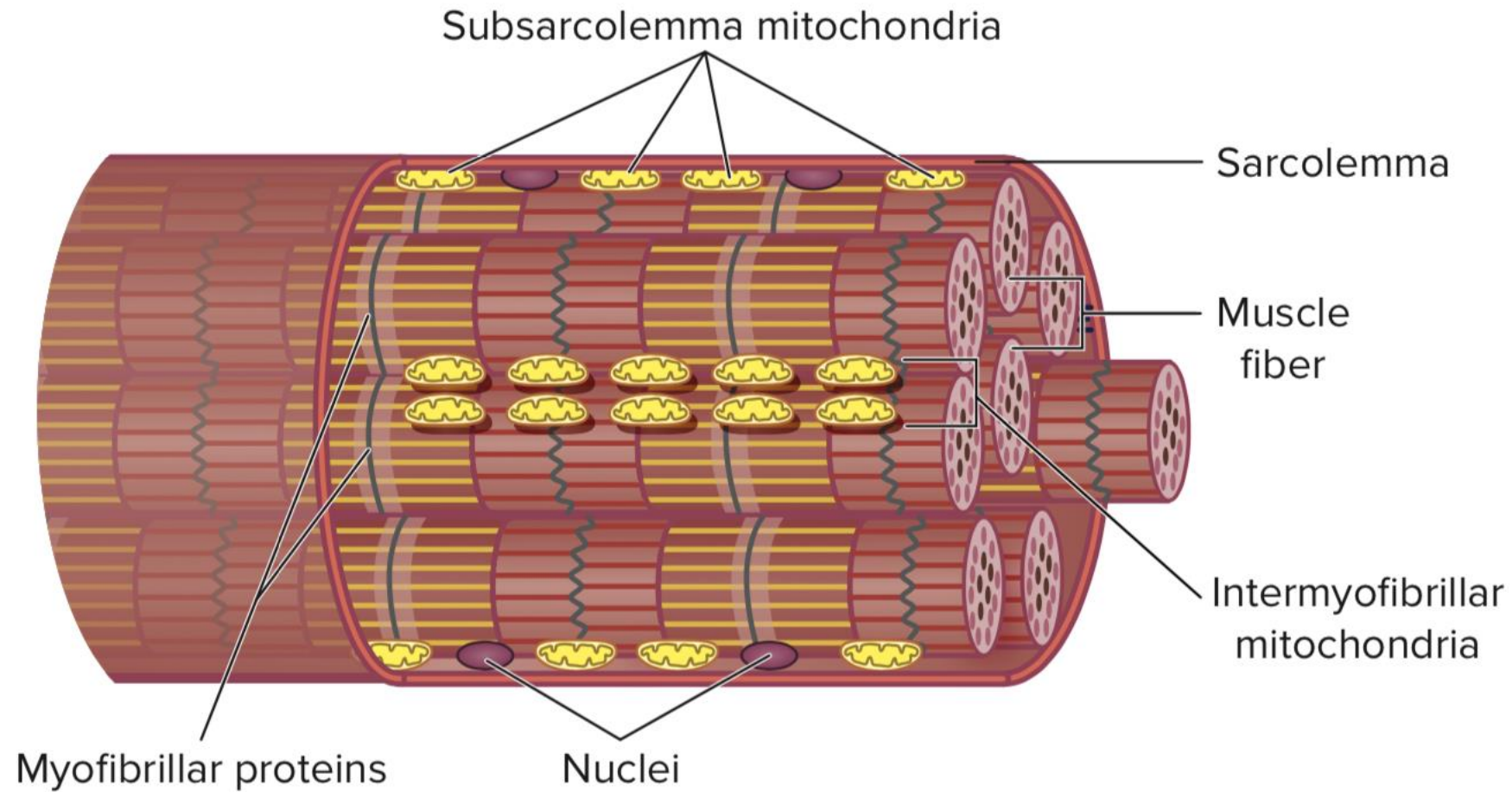


# Programme

---

- Mécanismes moléculaires de consommation d'énergie associés au mouvement
- **Bioénergétique cellulaire du mouvement (production ATP)**
- Métabolisme du mouvement et exercice

# Deux populations de mitochondries

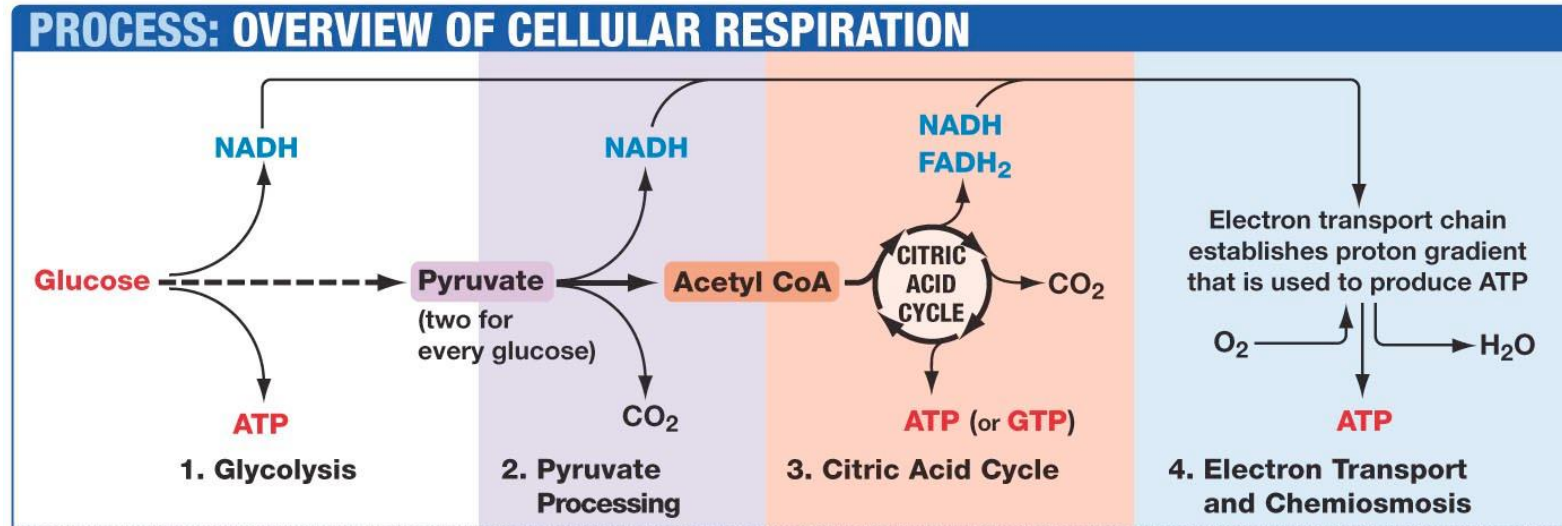


# Mitochondrie muscle squelettique

---

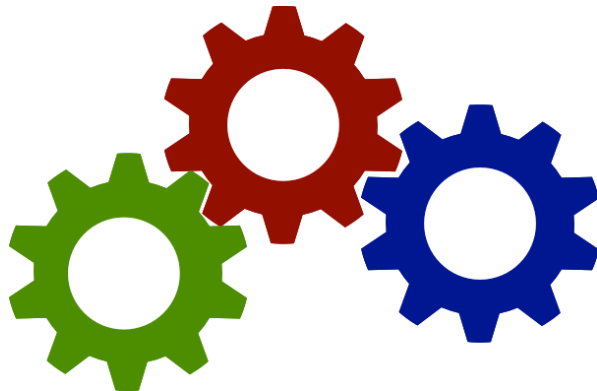
- Fonctions mitochondriales:
  - Production d'ATP
    - À charge de travail maximale
      - L'ensemble du pool d'ATP est renouvelé en quelques secondes.
  - $\text{Ca}^{2+}$  cyclage/stockage
  - Production/détoxification des espèces réactives de l'oxygène (ex.  $\text{O}_2^-$ ) et des espèces réactives de l'azote ( $\text{ONOO}^-$ ).
  - Mort cellulaire

# Overview



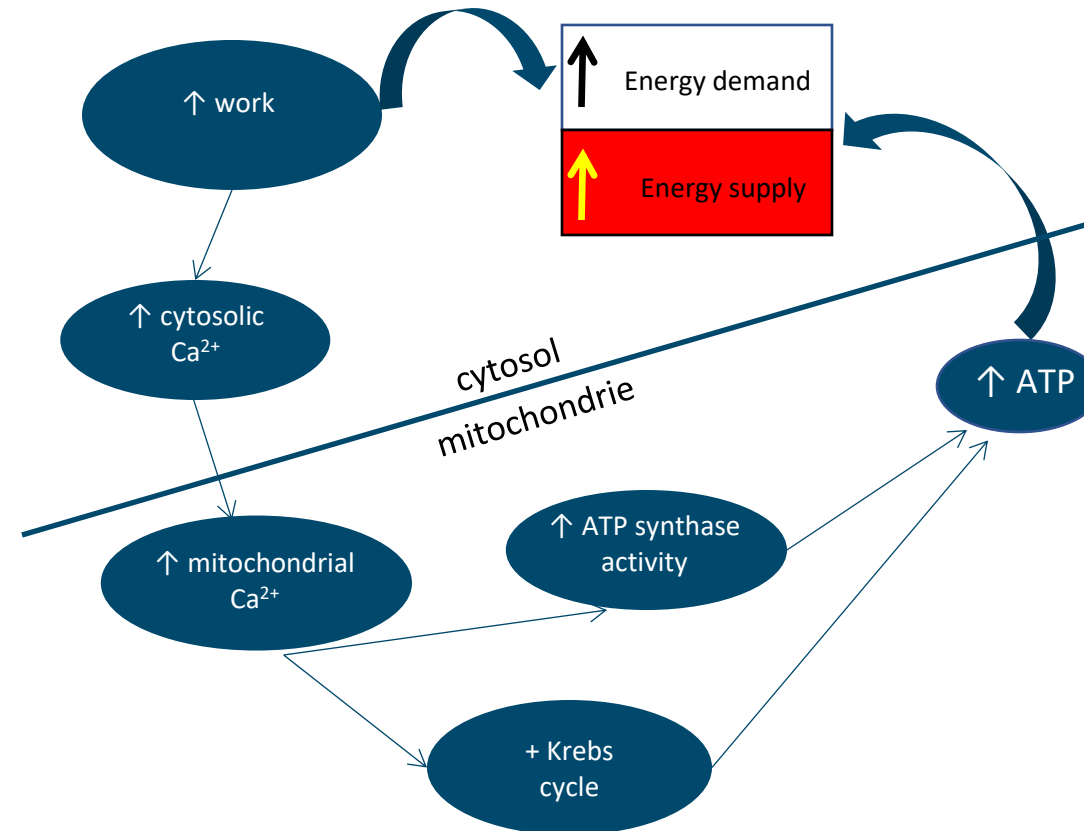
*5 principes directeurs:*

- ✓ Flux
- ✓ Réactions couplées
- ✓ Apport constant d'intermédiaires
- ✓ Si le flux s'arrête → accumulation des intermédiaires
- ✓ Le flux est contrôlé par la demande en ATP et le ratio ADP/ATP



# Régulation de l'offre et de la demande d'énergie – modèle d'activation parallèle

- Traditionnellement, l'ATP régule l'offre et la demande d'énergie.
- Cependant, la concentration d'[ATP] reste stable malgré des niveaux d'activité variables.



Le calcium couple l'activité contractile à la production mitochondriale d'ATP.

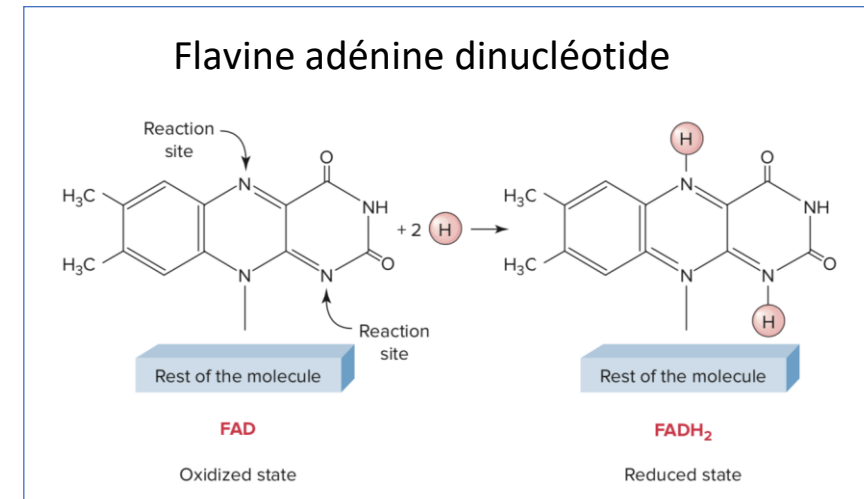
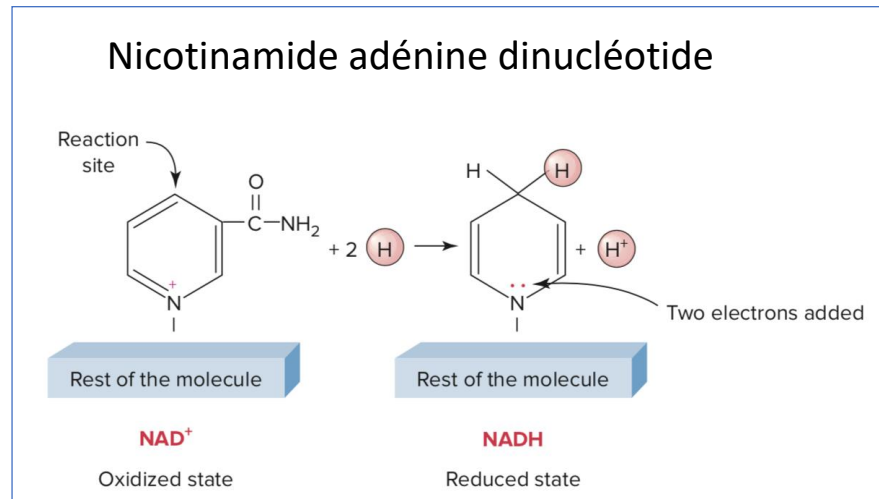
# Réactions oxydation-réduction (redox)

---

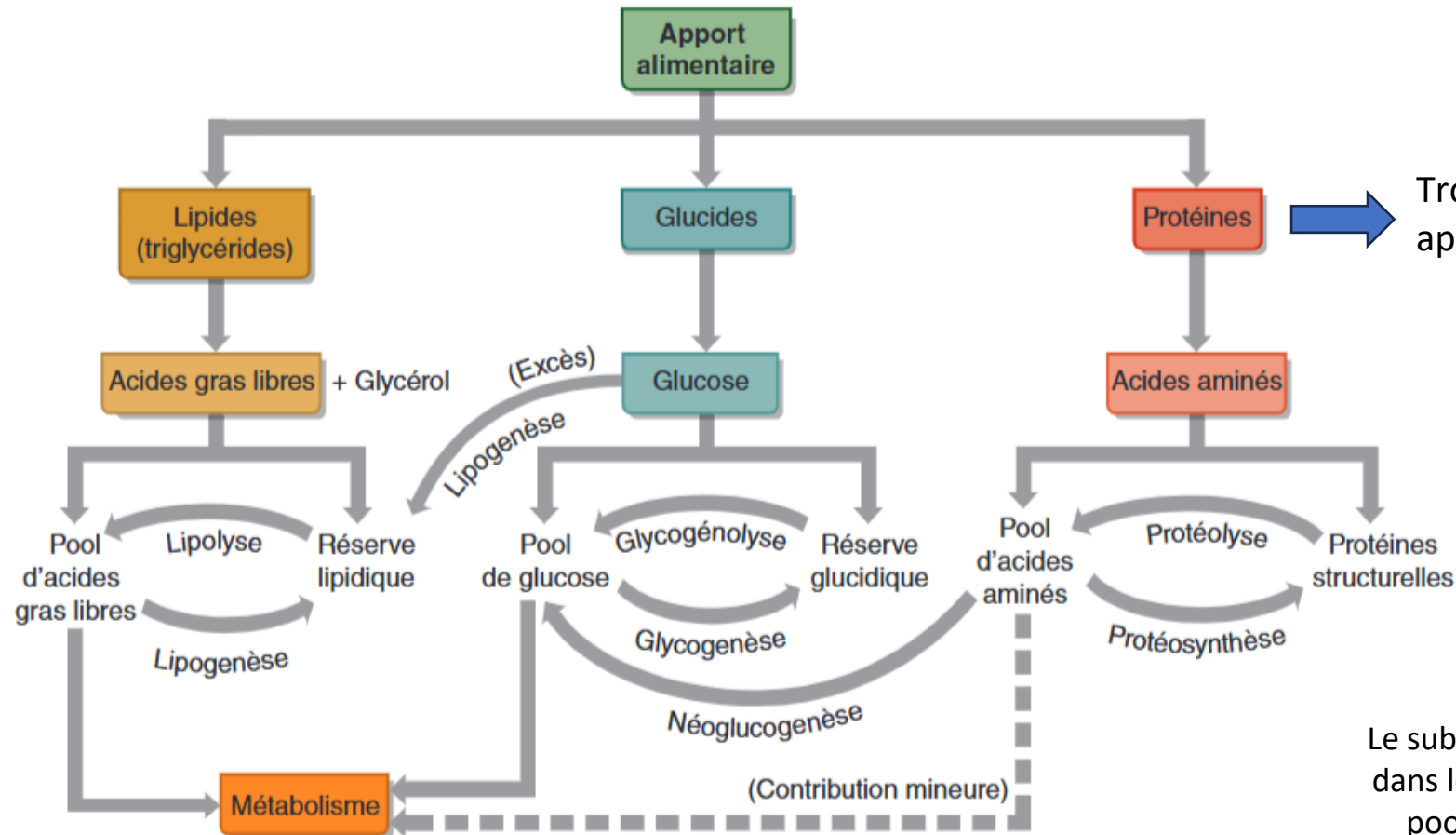
- Oxydation:
  - perte d'électron
- Réduction:
  - gain d'électron
  
- En pratique:
  - Réactions *couplées*: oxydation *et* réduction
  - Transfer H avec ses électrons (et pas des électrons libres)

# Transporteurs

- Oxydation:
  - perte d'électron (et H)
- Réduction:
  - gain d'électron (et H)



# Combustibles pour le mouvement



Trois substrats énergétiques  
apportés par l'alimentation

chaque substrat est converti en  
sa forme utilisable par la cellule

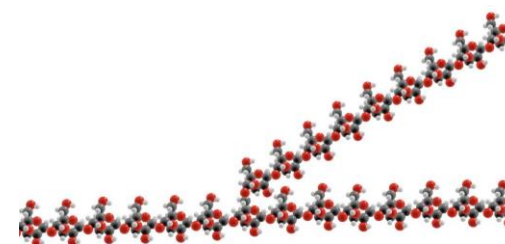
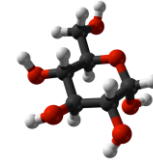
OU

Le substrat circule librement  
dans le sang et constitue un  
pool disponible pour le  
métabolisme cellulaire

Le substrat est mis  
en réserve dans  
l'organisme

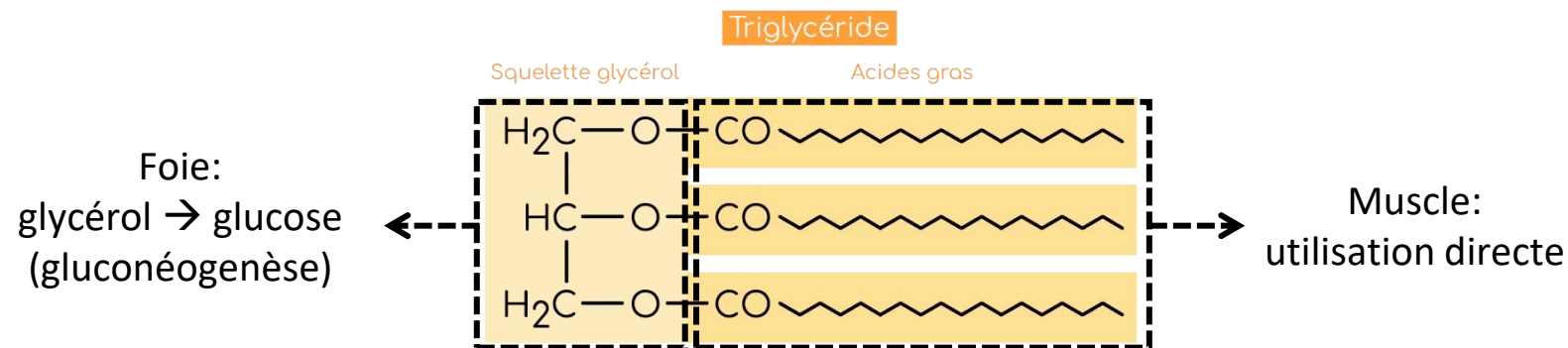
# Combustibles pour le mouvement

- Glucides (CH):
  - Energie rapidement accessible
  - 1g CH → 4kcal
  - 3 types:
    - Monosaccharides (ex. **glucose**)
    - Dissaccharides (ex. sucrose: glucose + fructose)
    - Polysaccharide:
      - Amidon et cellulose
      - **Glycogène**
        - Réserves dans les tissus animaux
        - Foie et muscle ont les enzymes nécessaires
        - Avantage osmotique



# Combustibles pour le mouvement

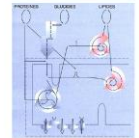
- Lipides:
  - ↑ Ratio C:O (vs. glucides)
  - 1g lipide → 9kcal
  - Idéal pour les réserves
  - 3 types:
    - Phospholipides
    - Stéroïdes
    - **Triglycérides (réserve cellules adipeuses >>> muscle)**



Métabolisme lipidique  
P. Maechler – [lien moodle](#)



**Métabolisme lipidique**  
Pierre Maechler  
**Introduction**



1

# Combustibles pour le mouvement

---

- Protéines:
  - 1g protéines → 4kcal
  - Petite contribution: 2-15%
  - 2 utilisations énergétiques:
    - Foie: alanine → glucose (gluconéogenèse)
    - Muscle: alanine/leucine/atres → intermédiaire métabolique → ATP

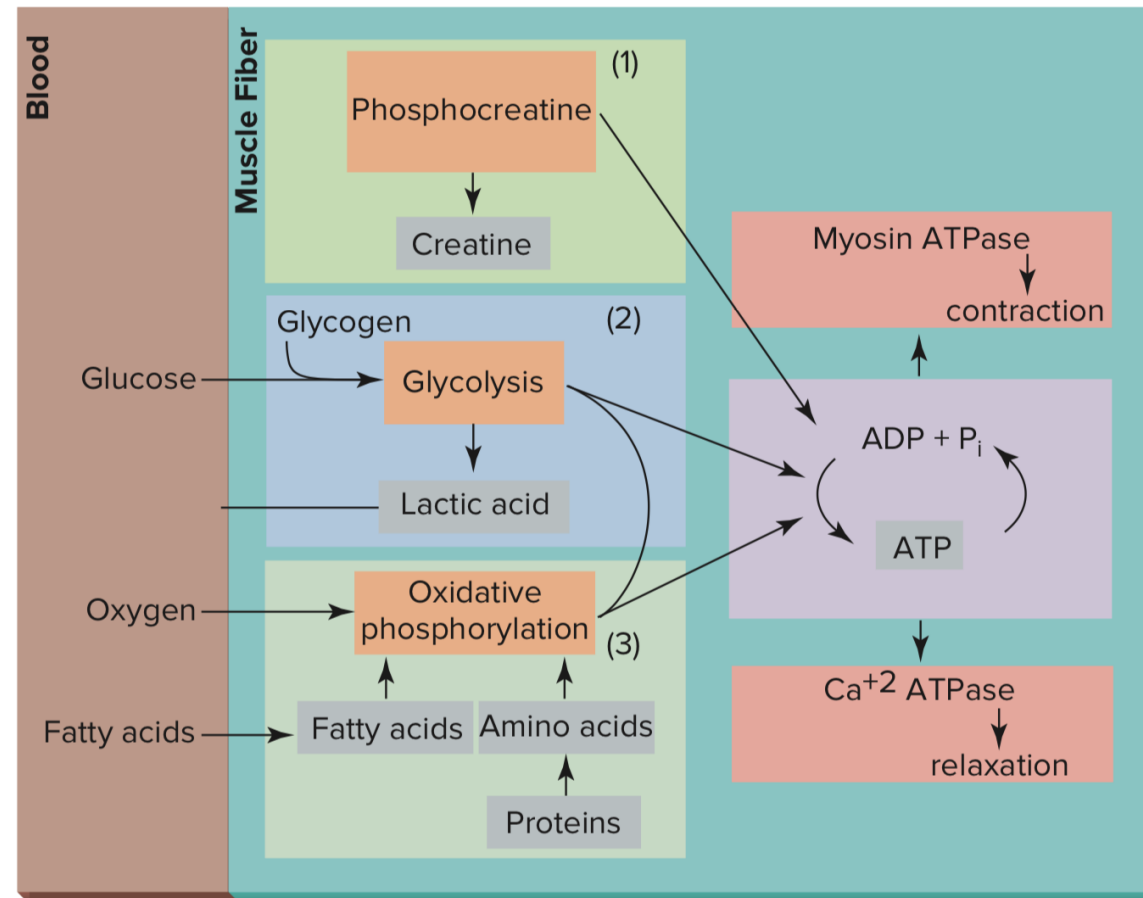
# Sources d'ATP pour la contraction

## 1. Phosphocréatine

## 2. Glycolyse

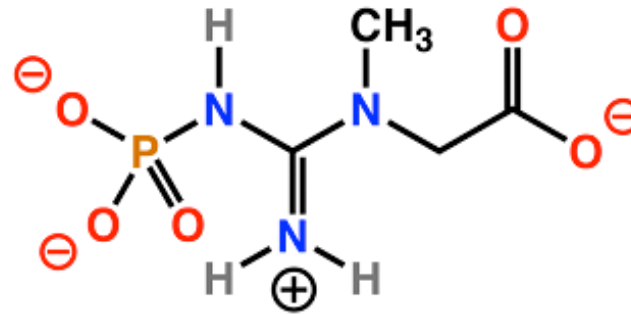
## 3. Phosphorylation oxydative

Fatty acids  
Amino acids  
Glucide



# Phosphocréatine (PC)

*Aucune implication de O<sub>2</sub>*



phosphocreatine

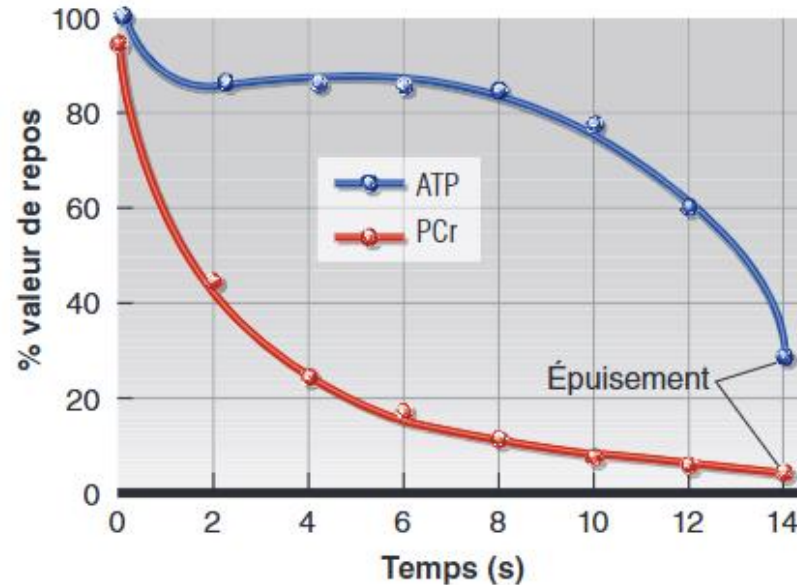


- Source plus simple et plus rapide
- Énergie pour la contraction musculaire:
  - Début exercice
  - Exercice court et intense (< 15 secondes)



# Phosphocréatine (PCr)

*Aucune implication de O<sub>2</sub>*



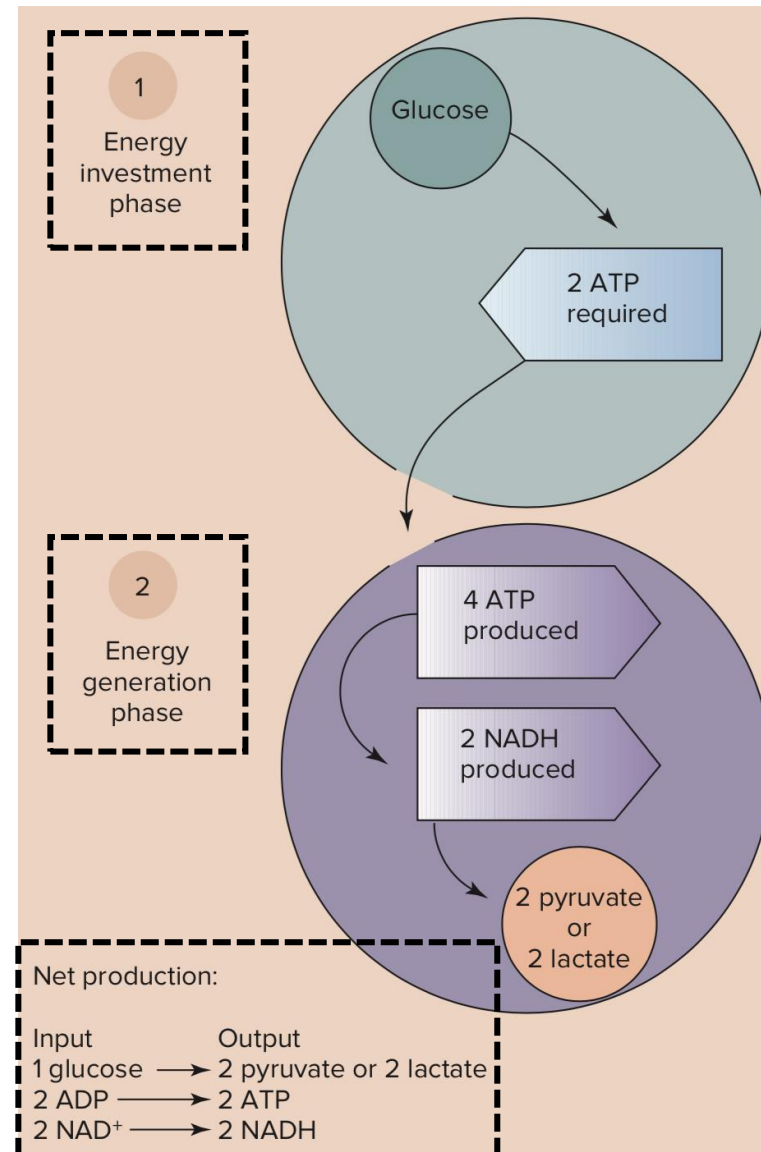
Même si le débit d'utilisation de l'ATP est très élevé, sa resynthèse à partir de PCr permet d'éviter sa chute trop rapide. Néanmoins, à l'épuisement, l'ATP et PCr sont effondrés

- Source plus simple et plus rapide
- Énergie pour la contraction musculaire:
  - Début exercice
  - Exercice court et intense (< 15 secondes)



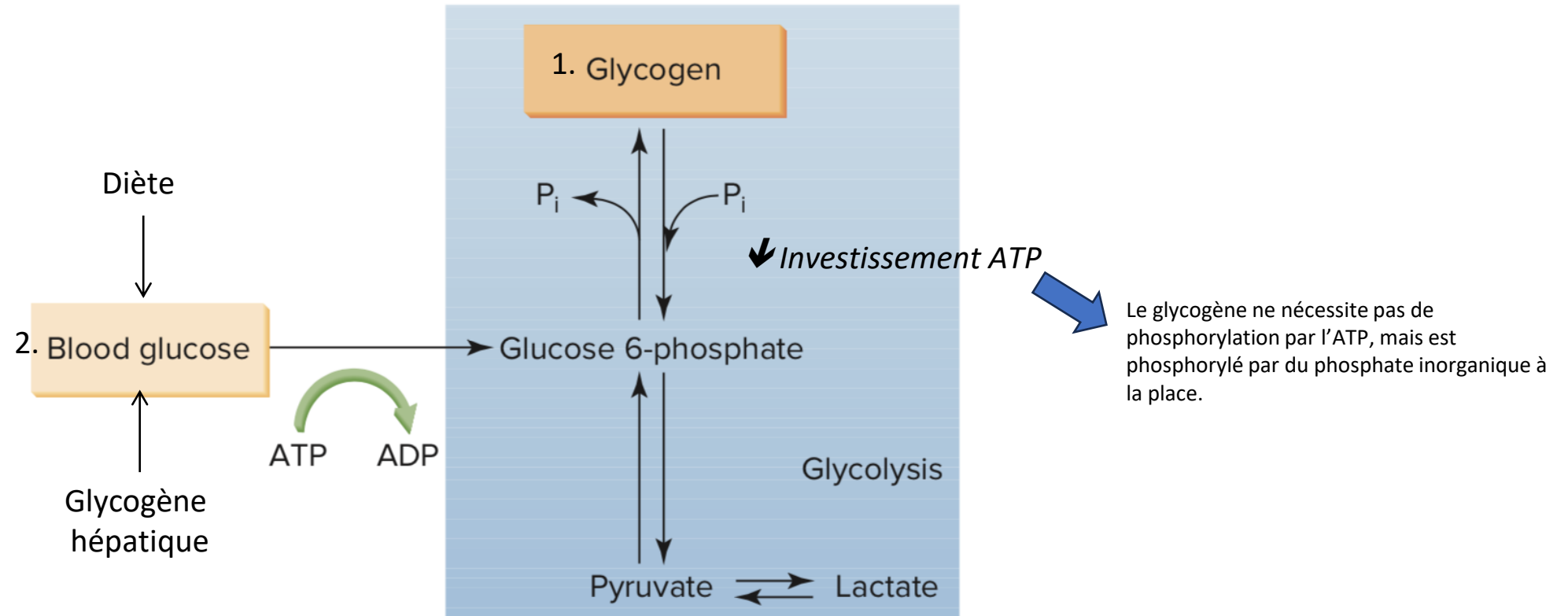
# Glycolyse

Divisée en 2 phases...

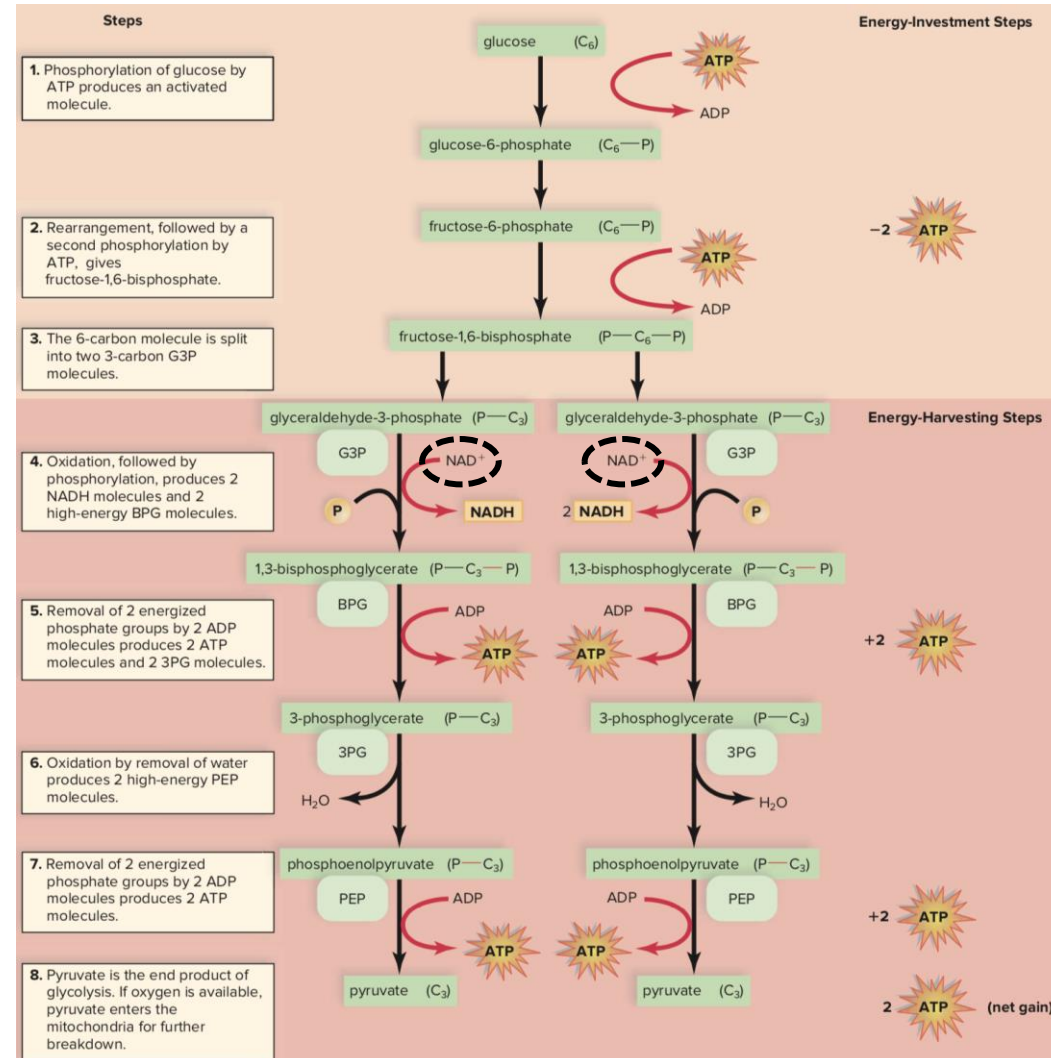



*Aucune implication de O<sub>2</sub>*

# Sources de glucose pour le muscle



# Glycolyse dans le détail

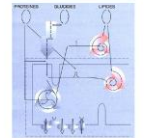


Métabolisme lipidique   
P. Maechler – [lien moodle](#)

## Métabolisme lipidique

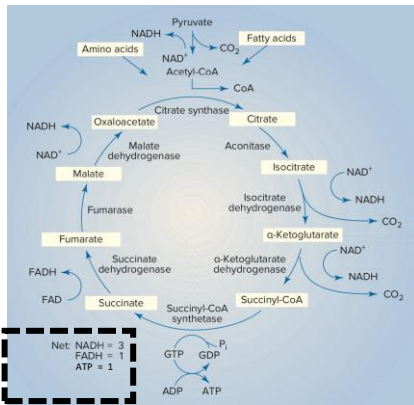
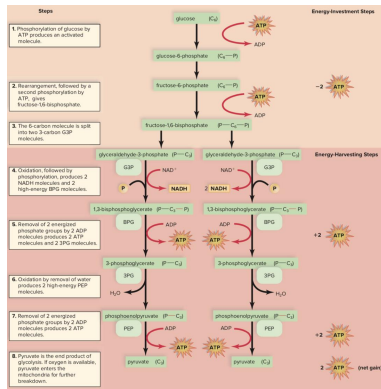
Pierre Maechler

### Introduction

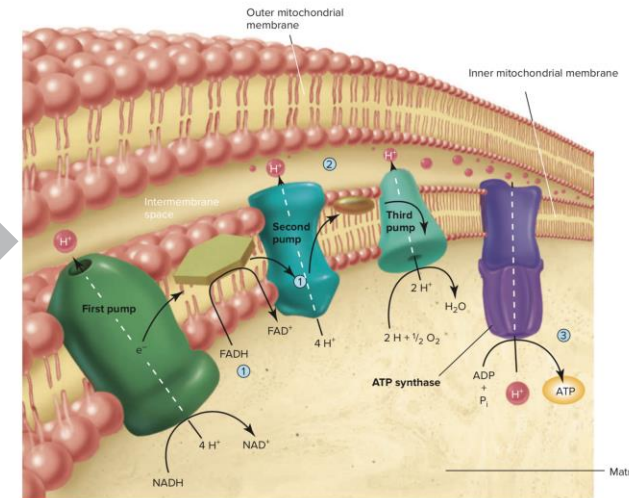
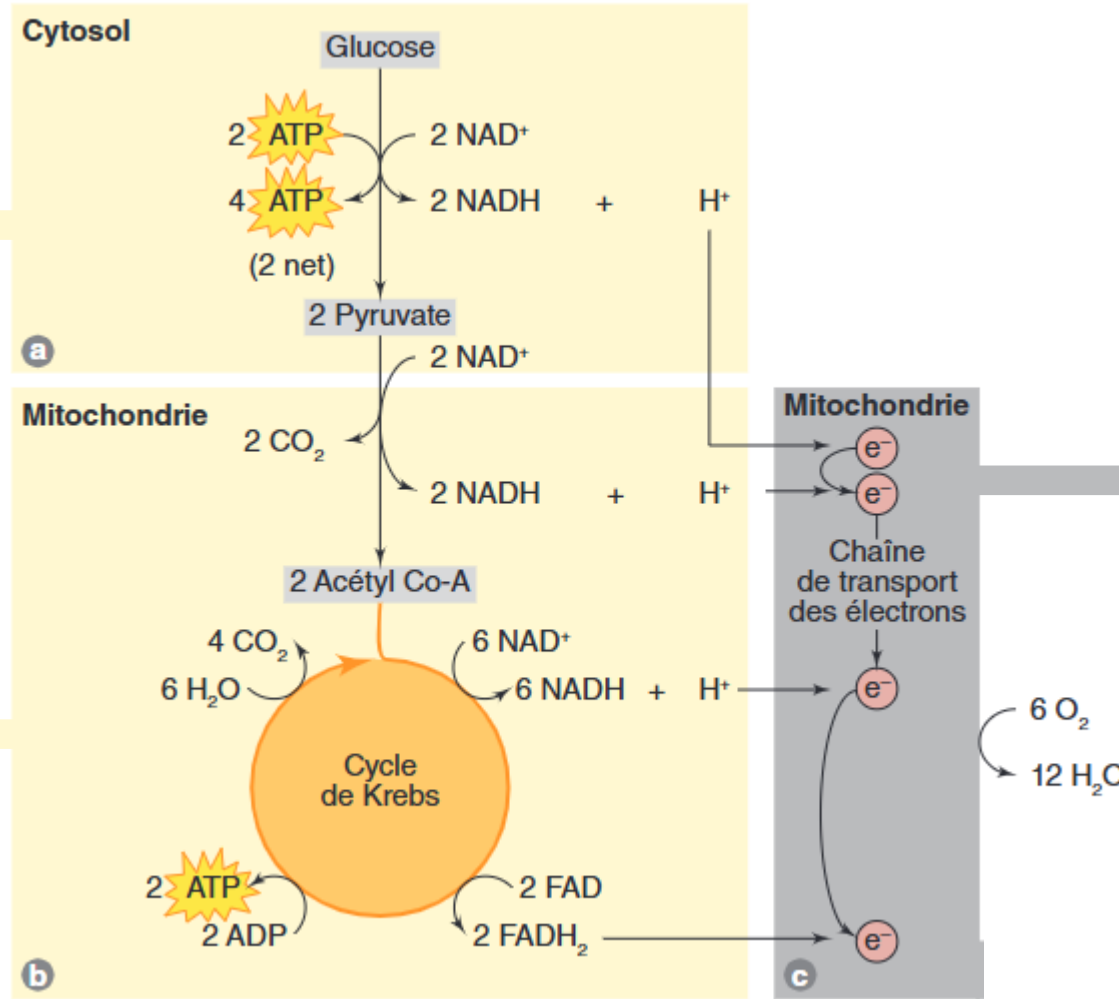


# Le système oxydatif

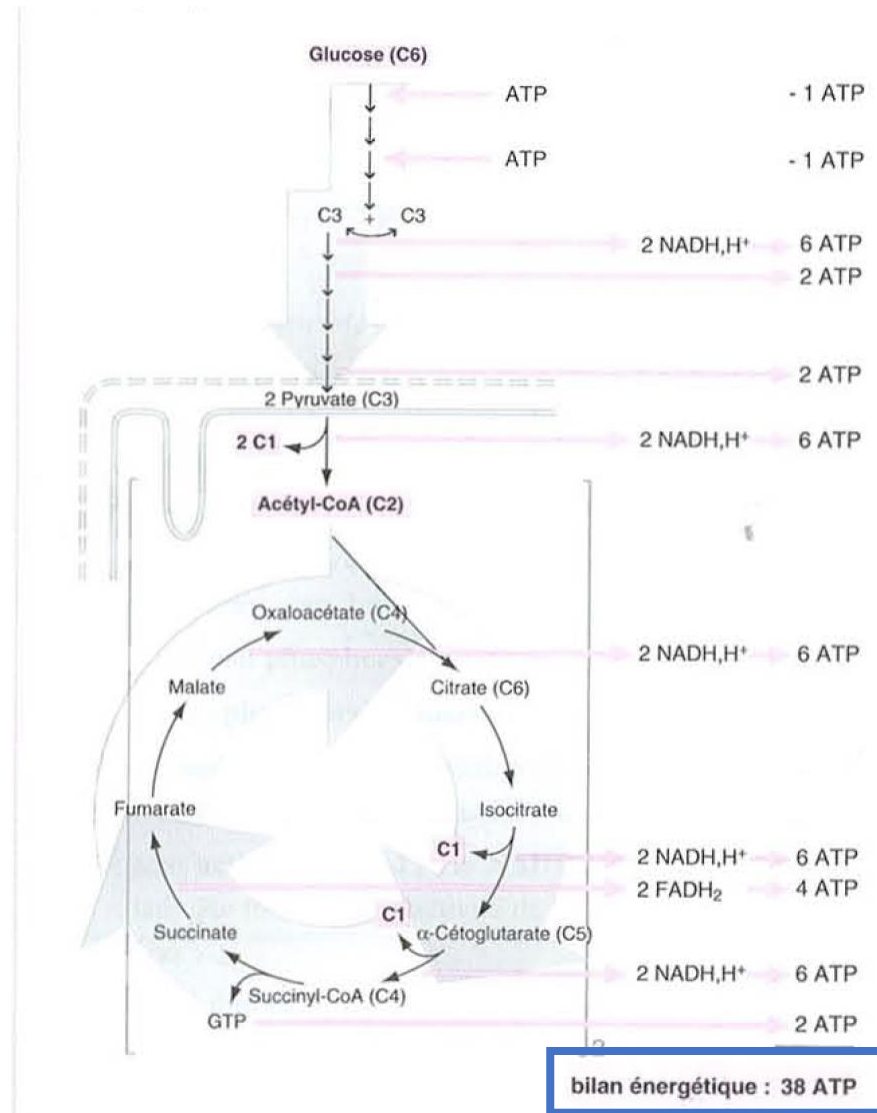
Métabolisme lipidique  
P. Maechler – [lien moodle](#)



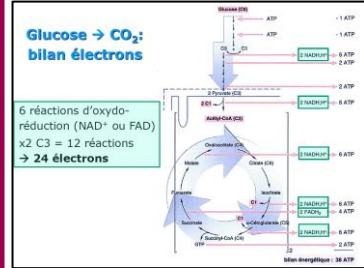
NADH  
NADH  
NADH  
FADH



# Comptabilisation ATP d'une molécule glucose dans la présence d'O<sub>2</sub>



Métabolisme lipidique  
P. Maechler – [lien moodle](#)



# Efficiency système oxydatif - Glucose

---

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Energie ATP généré (7.3 Kcal/mole ATP)}}{\text{Energie potentiel glucose (4Kcal/g ou 686 Kcal/mole)}}$$

# Efficiency système oxydatif - Glucose

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Energie ATP généré (7.3 Kcal/mole ATP)}}{\text{Energie potentiel glucose (4Kcal/g ou 686 Kcal/mole)}}$$

$$= \frac{38 \times 7.3}{686} = \frac{277.4}{686} = \mathbf{40\%}$$

60% → chaleur



Efficiency motrice de l'essence:  
20-35%  
(wikipedia)

# Efficiency système oxydatif - Palmitate

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Energie ATP généré (7.3 Kcal/mole ATP)}}{\text{Energie potentiel palmitate (9Kcal/g ou 2338 Kcal/mole)}}$$

$$= \frac{130 \times 7.3}{2338} = \frac{949}{2338} = \mathbf{40\%}$$

60% → chaleur



Efficiency motrice de l'essence:  
20-35%  
(wikipedia)

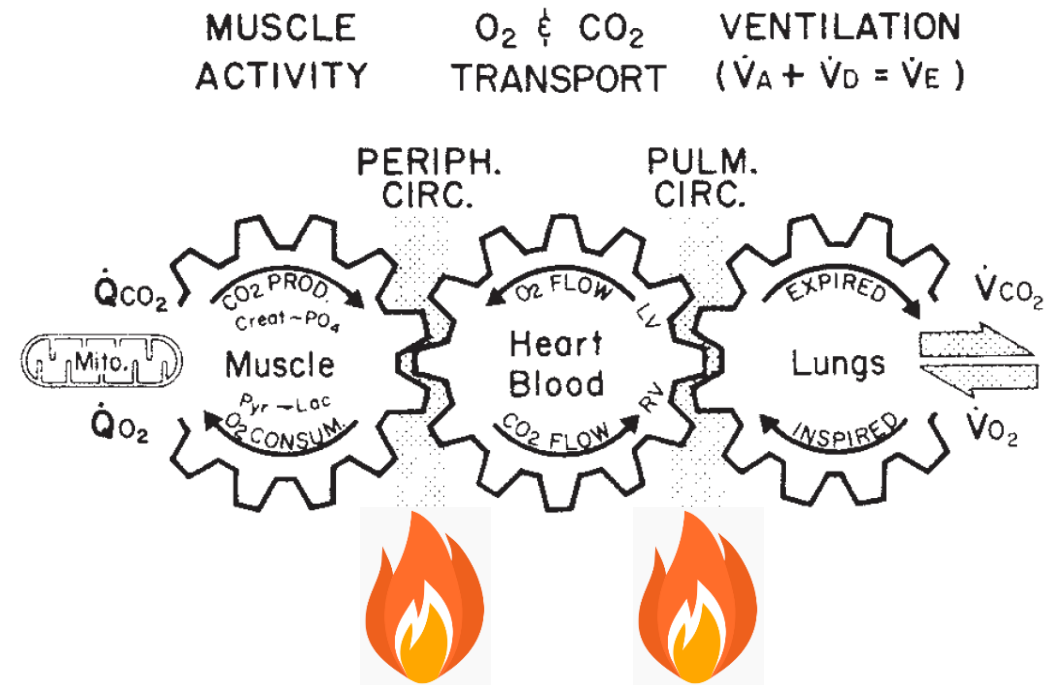
# Programme

---

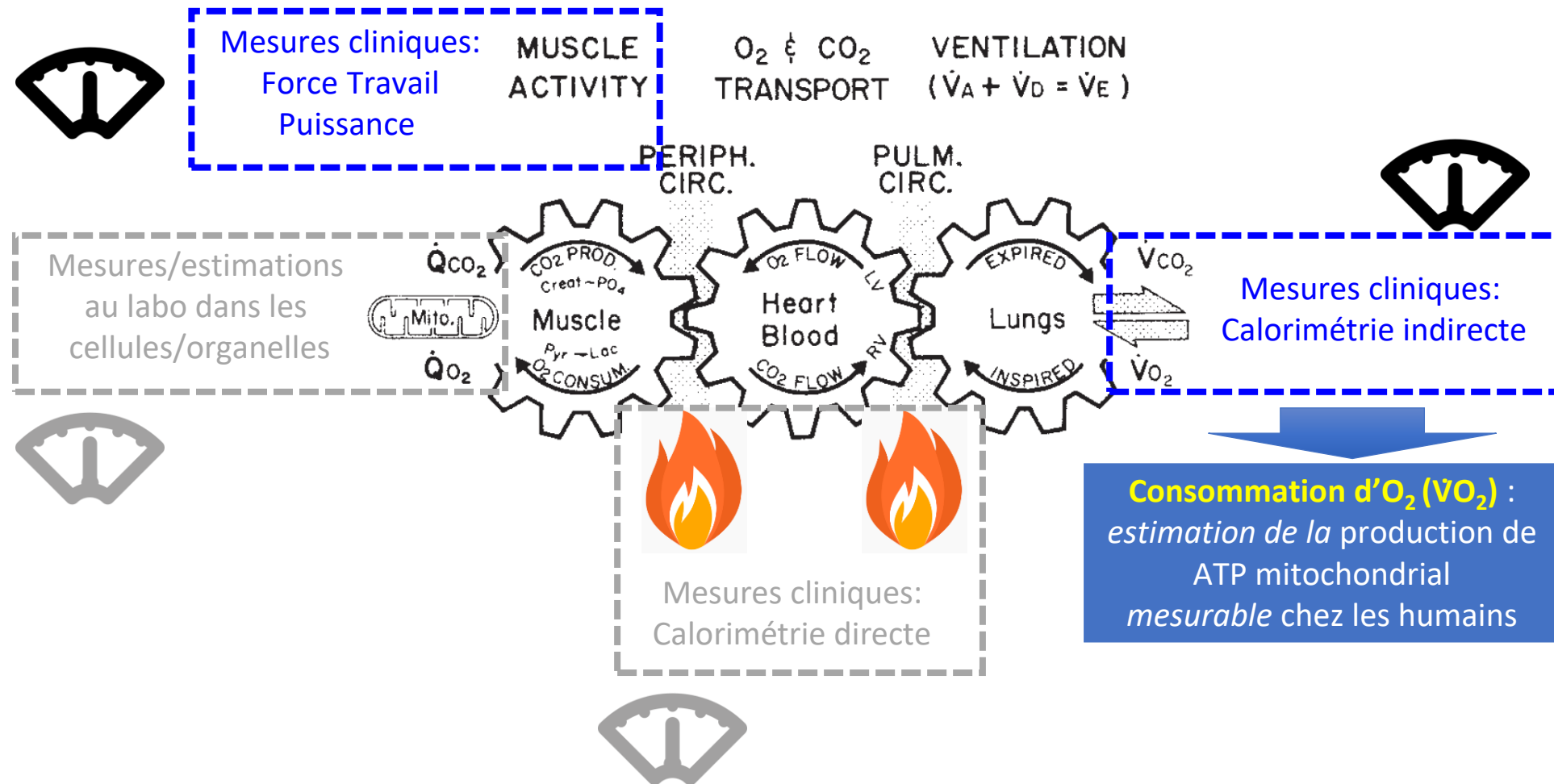
- Mécanismes moléculaires de consommation d'énergie associés au mouvement
- Bioénergétique cellulaire du mouvement (production ATP)
- **Métabolisme du mouvement et exercice**



# Couplage de la respiration cellulaire et pulmonaire

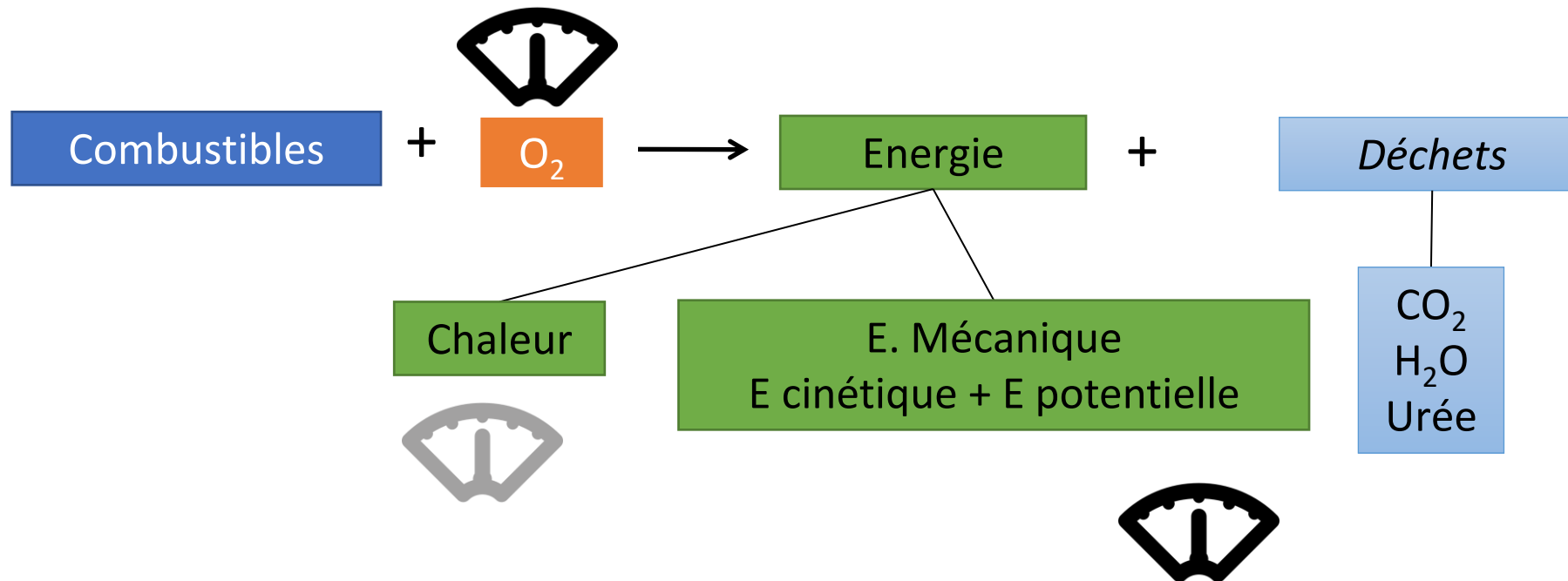


# Couplage de la respiration cellulaire et pulmonaire

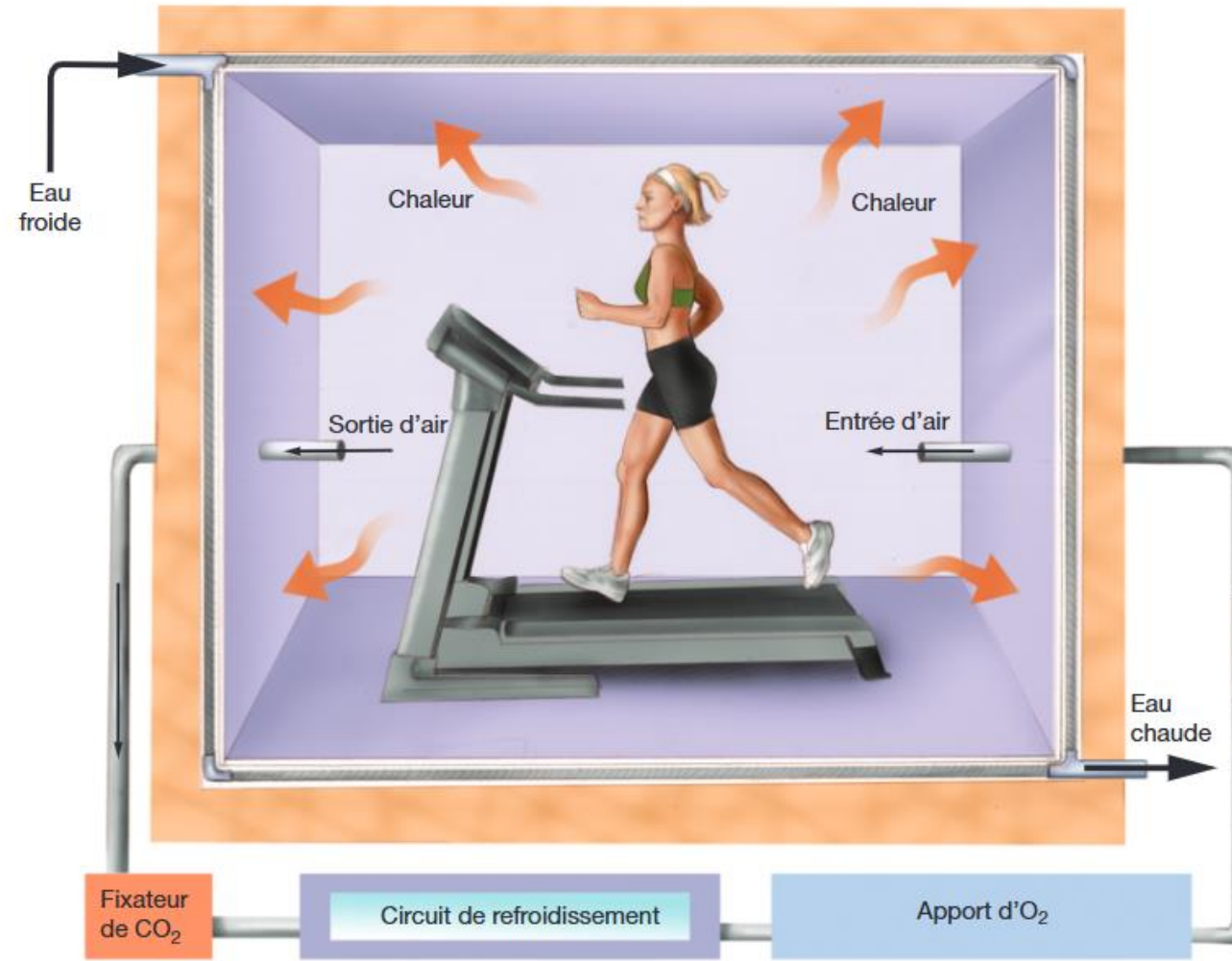


# Première loi de la thermodynamique appliquée au métabolisme

**L'énergie est conservée** dans tout processus impliquant un système thermodynamique et son environnement



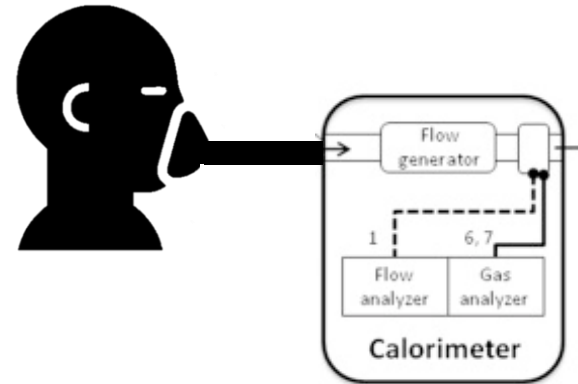
# Calorimétrie directe



Plus de détails  
Cours activité physique  
I. Neto Silva – [lien moodle](#)

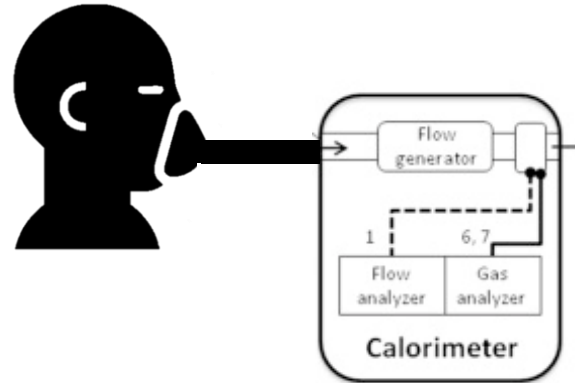


# Calorimétrie indirecte



Cette méthode d'évaluation de la dépense énergétique est appelée calorimétrie indirecte, parce que la chaleur produite n'est pas mesurée directement. Elle est, en fait, calculée à partir des mesures de  $\text{CO}_2$  et d' $\text{O}_2$ .

# Calorimétrie indirecte



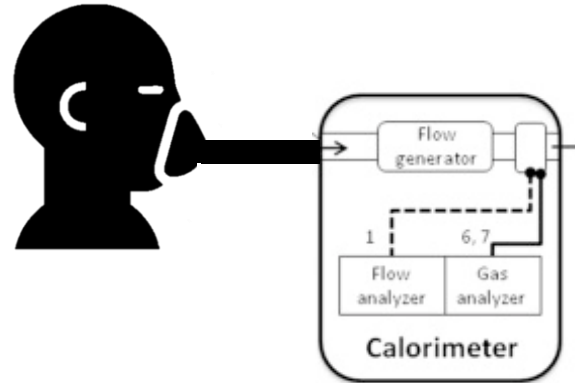
$$\dot{V}O_2 = \dot{V}_I \times F_I O_2 - \dot{V}_E \times F_E O_2$$

$\dot{V}_I$  – Débit inspiratoire (ml.min<sup>-1</sup>)  
 $\dot{V}_E$  – Débit expiratoire (ml.min<sup>-1</sup>)  
 $F_I O_2$  – Fraction inspiratoire O<sub>2</sub> (%)  
 $F_E O_2$  – Fraction expiratoire O<sub>2</sub> (%)

$$\dot{V}CO_2 = \dot{V}_E \times F_E CO_2 - \dot{V}_I \times F_I CO_2$$

$\dot{V}_E$  – Débit expiratoire (ml.min<sup>-1</sup>)  
 $F_E CO_2$  – Fraction expiratoire CO<sub>2</sub> (%)  
( $F_I CO_2 \approx 0$ )

# Calorimétrie indirecte

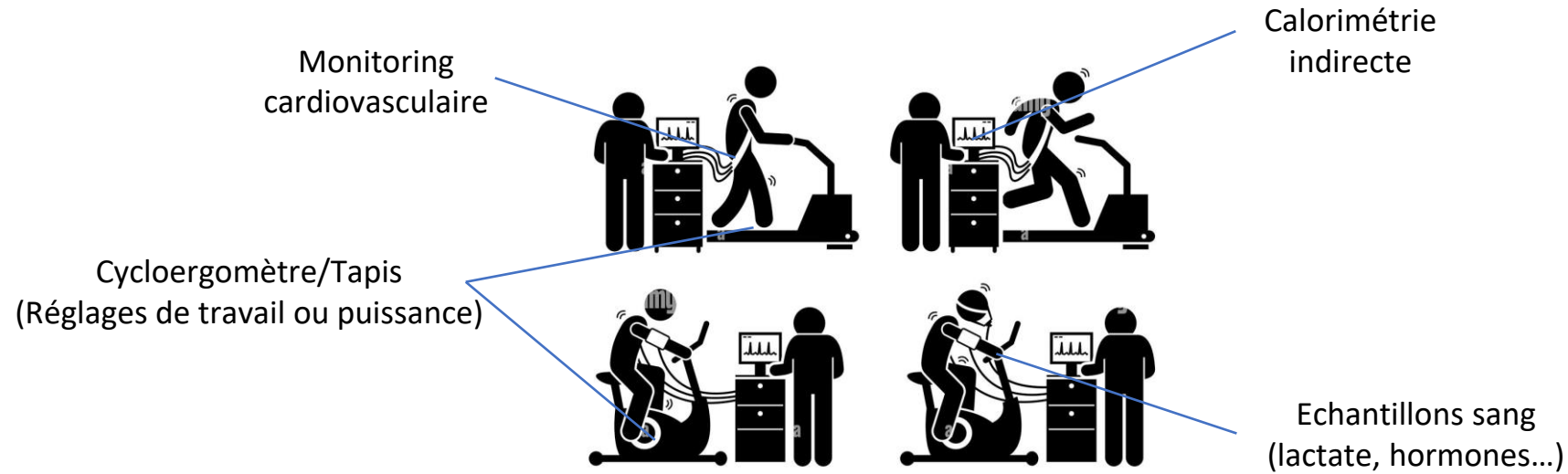


$$\text{RER} = \dot{V}\text{CO}_2 / \dot{V}\text{O}_2$$

RER – quotient respiratoire

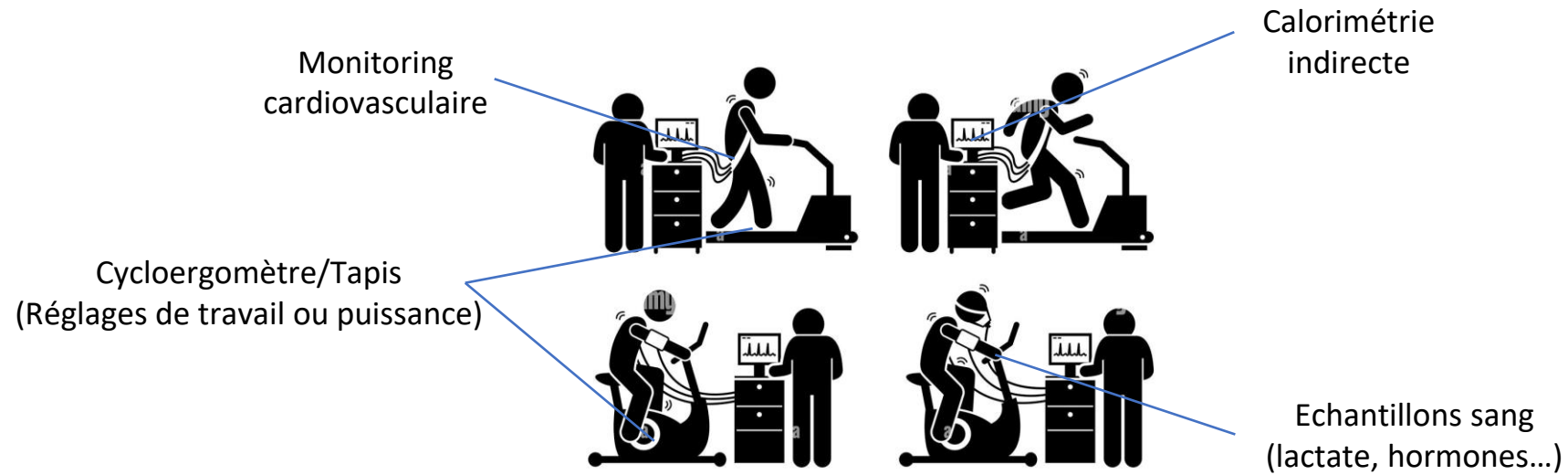
- Type de combustible utilisé pour produire énergie

# Cardiopulmonary exercise testing (CPET)

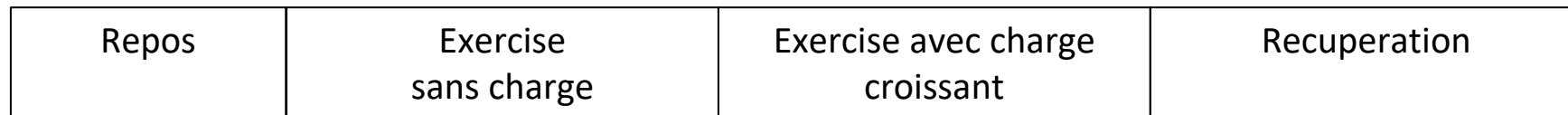


- En repos la majorité de l'ATP est produit par métabolisme aérobie
- =  $3.5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$   
=  $0.25 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$  (70kg)

# Cardiopulmonary exercise testing (CPET)



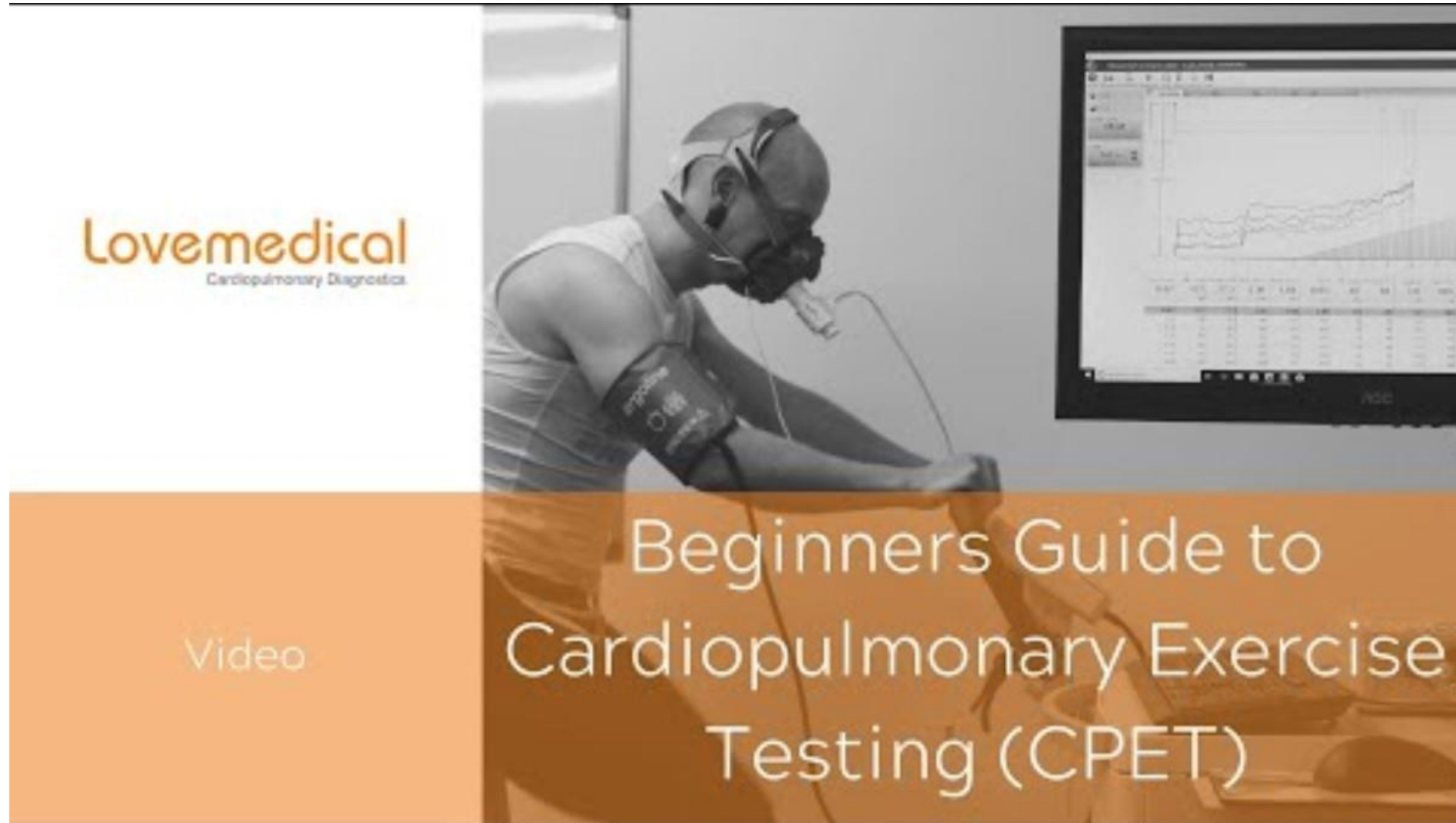
Protocole:



# Cardiopulmonary exercise testing (CPET)

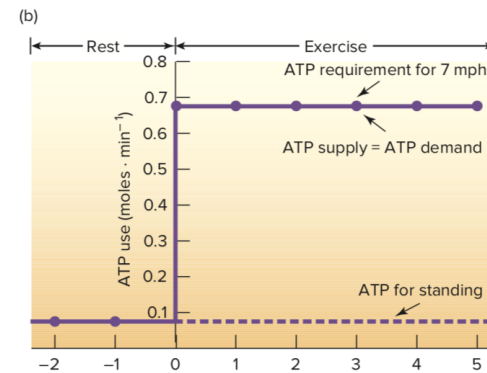
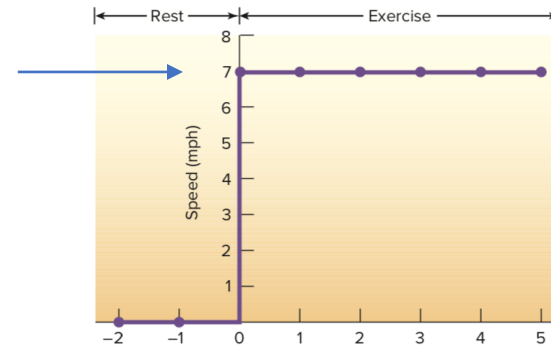


# Cardiopulmonary exercise testing (CPET)

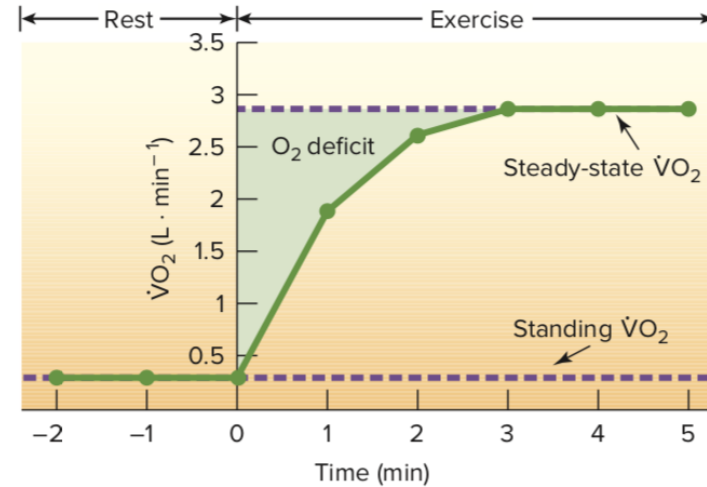


# Transition repos → exercice

~ 11km/h  
~5 min/km



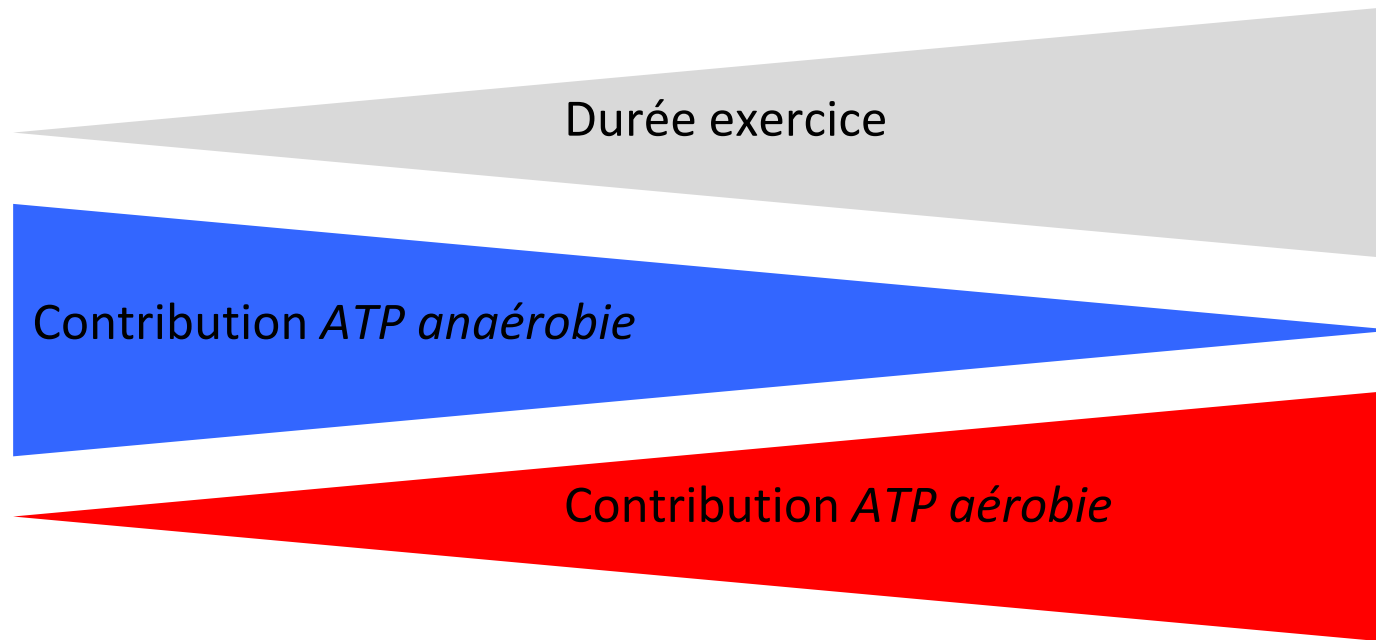
# Déficit oxygène / Causes...



1. Limitation cardiovasculaire/respiratoire: distribution d'O<sub>2</sub> au muscle <  $\dot{V}O_2$
2. Temps nécessaire à une augmentation de l'activité des processus de phosphorylation oxydative (ex. ADP)

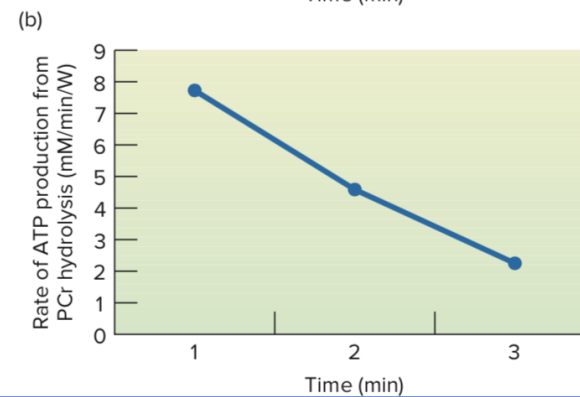
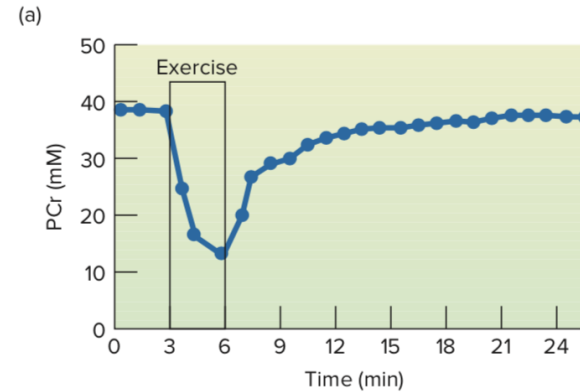
# Interaction entre production ATP - aérobie et anaérobie

---



# Sources d'ATP *anaérobe* au départ de l'exercice

## Phosphocreatine



Systemes très efficaces



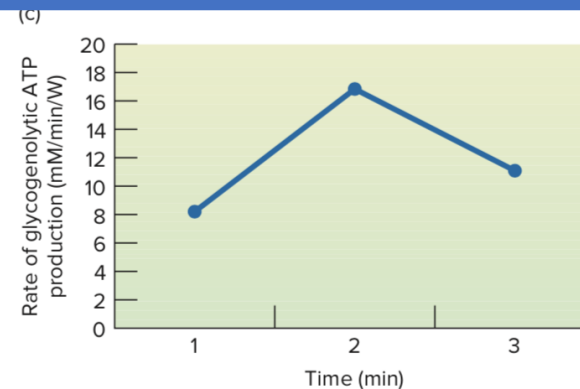
↑ Consommation ATP muscle

Niveaux ATP muscle stables

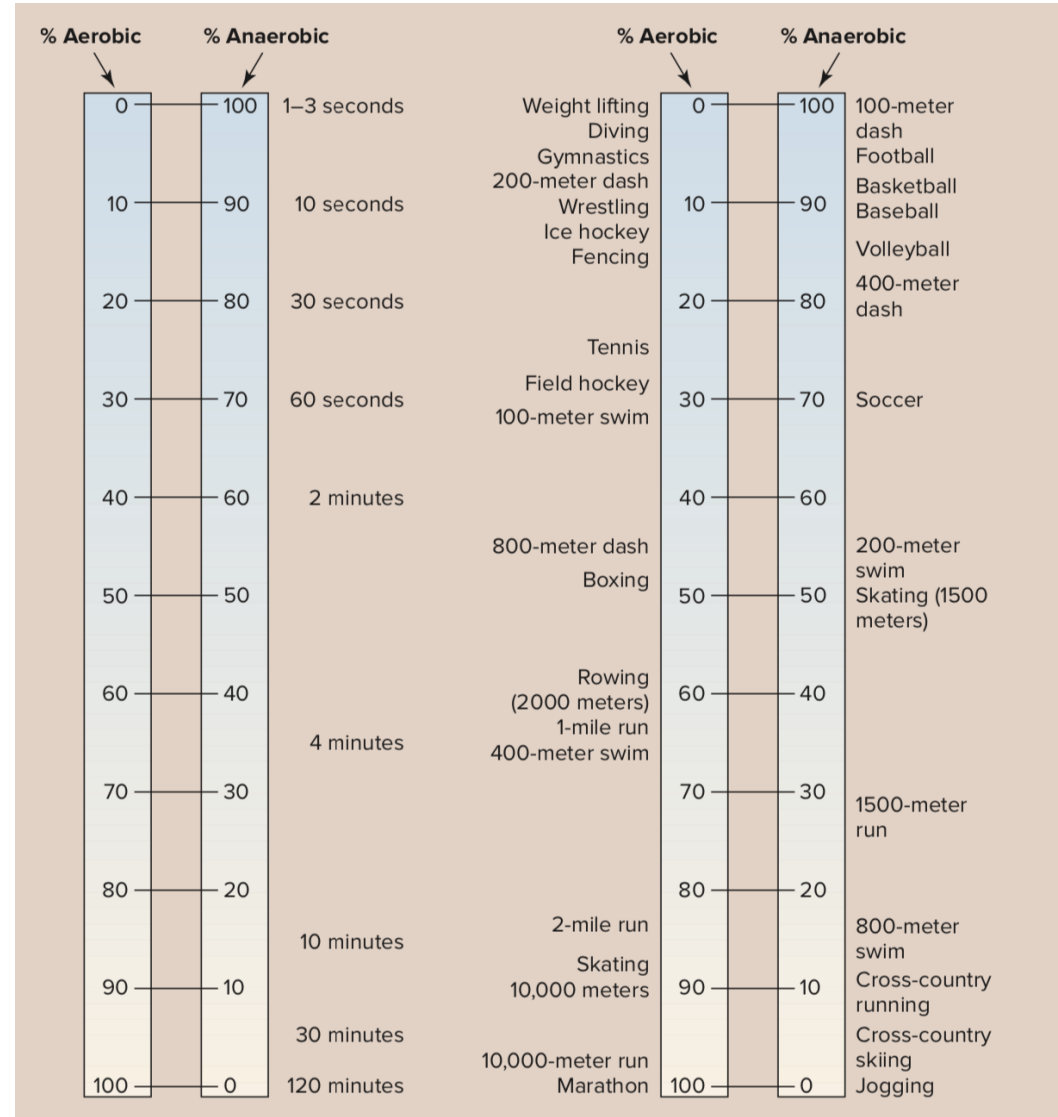
MAIS

Limités!

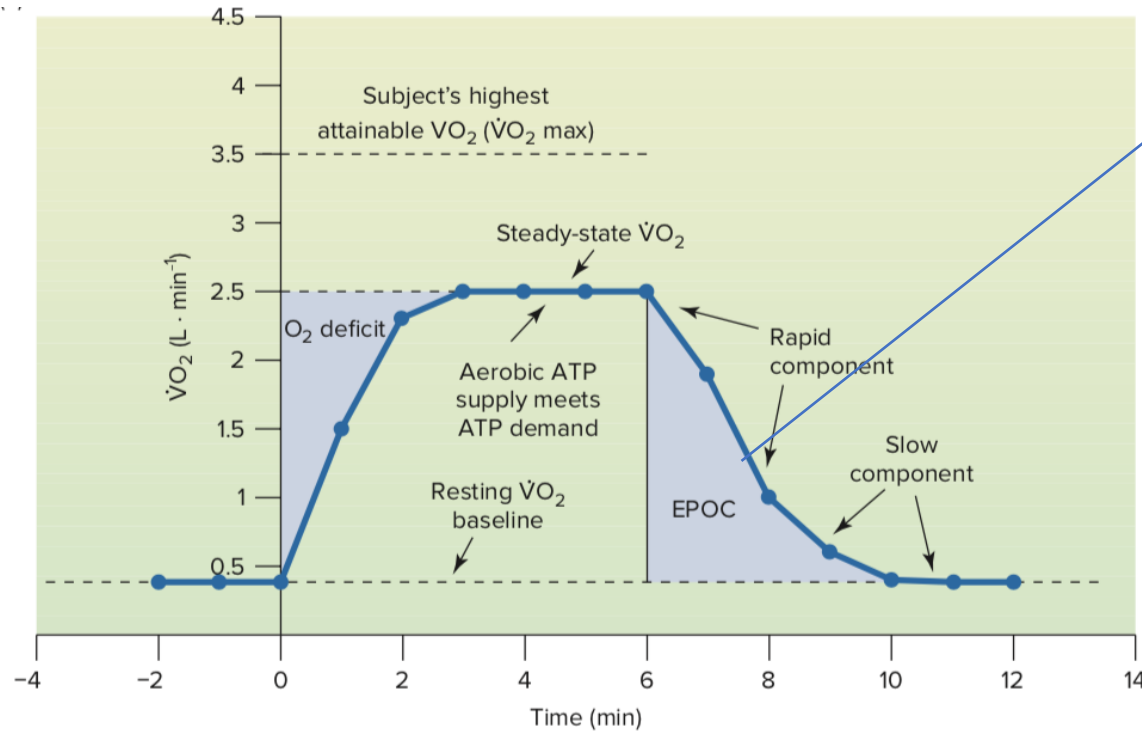
## Glycolyse



# Interaction entre production ATP aérobie et anaérobie



# $\dot{V}O_2$ après l'exercice - *Excess post-exercise oxygen consumption (EPOC)*



## EPOC:

- Soutenir fréquence cardiaque et respiratoire  $\uparrow$
- La restauration des réserves de PCr et d'oxygène dans les muscles
- Lactate  $\rightarrow$  glucose (gluconéogenèse)
- Refaire des réserves O<sub>2</sub> sang et myoglobine

# Force, travail & puissance musculaires/mécaniques

- **FORCE**

$$F = m \times g$$

F – Force (**Newtons**)

m – masse (kg)

g – accélération ( $m \cdot sec^{-2}$ )

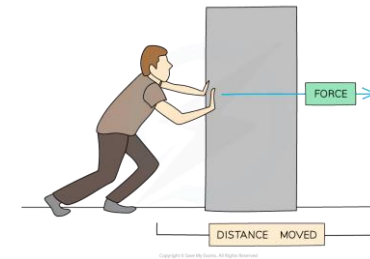
- **TRAVAIL (Work)**

$$W = F \times d$$

W – Travail (**Joule** ou N.m)

F – Force (N)

d – déplacement (m)



# Force, travail & puissance musculaires/mécaniques

- **FORCE**

$$F = m \times g$$

F – Force (**Newtons**)

m – masse (kg)

g – accélération ( $\text{m}\cdot\text{sec}^{-2}$ )

- **TRAVAIL (Work)**

$$W = F \times d$$

W – Travail (**Joule** ou N.m)

F – Force (N)

d – déplacement (m)

- **PUISSANCE (Power)**

$$P = W / \Delta t$$

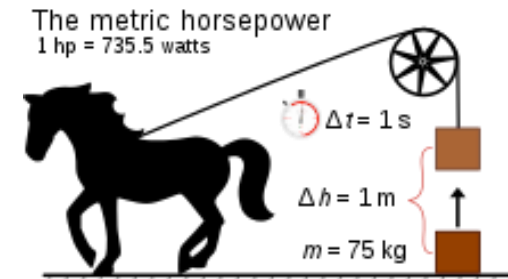
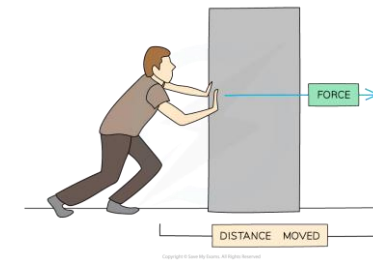
P – Puissance (**Watt** ou  $\text{J}\cdot\text{sec}^{-1}$ )

W – Travail (J)

$\Delta t$  – intervalle temps (s)

$\Delta E$  – transfert d'énergie (~effort)

$$P = \Delta E / \Delta t$$



# Force, travail & puissance musculaires/mécaniques

- **FORCE**

$$F = m \times g$$

F – Force (**Newtons**)

m – masse (kg)

g – accélération ( $m \cdot sec^{-2}$ )

- **TRAVAIL (Work)**

$$W = F \times d$$

W – Travail (**Joule** ou N.m)

F – Force (N)

d – déplacement (m)

- **PUISSANCE (Power)**

$$P = W / \Delta t$$

P – Puissance (**Watt** ou  $J \cdot sec^{-1}$ )

W – Travail (J)

$\Delta t$  – intervalle temps (s)

$\Delta E$  – transfert d'énergie (~effort)

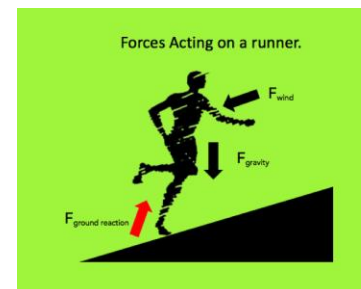
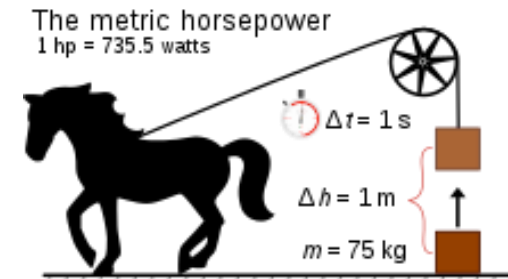
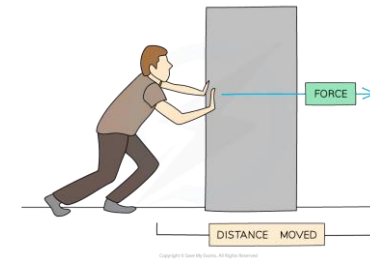
$$P = \Delta E / \Delta t$$

$$P = (F \times d) / \Delta t$$

$$P = F \times (d / \Delta t)$$

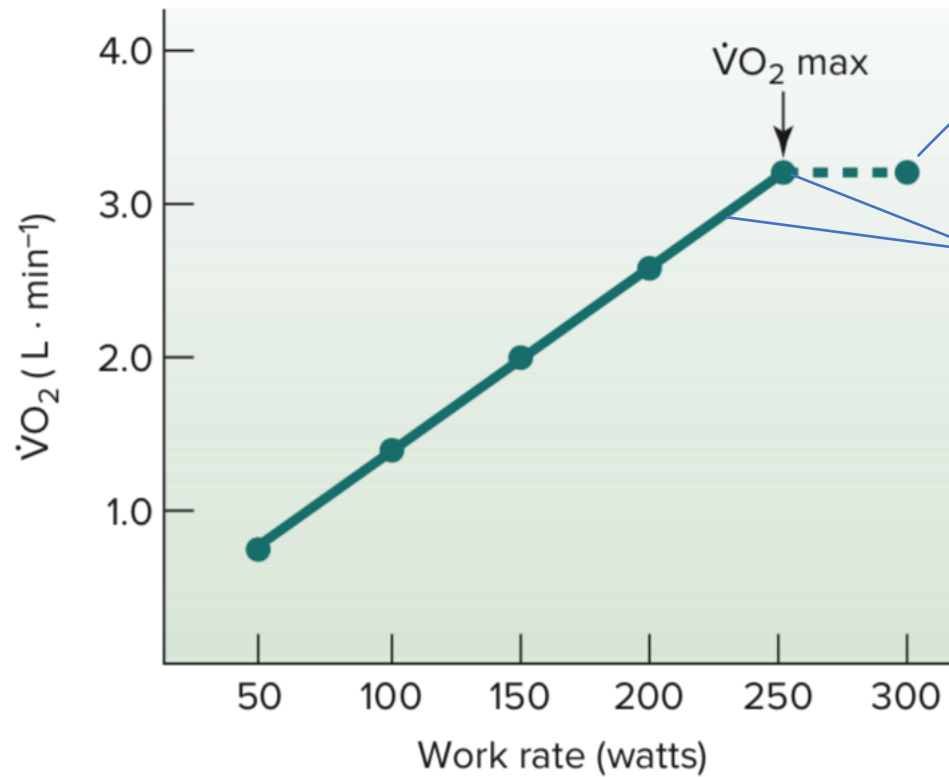
$$\text{vitesse} = d / \Delta t$$

$$P = F \times \text{vitesse}$$



# $\dot{V}O_2$ & puissance - $\dot{V}O_2$ max

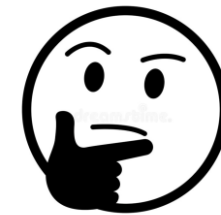
Maximal capacity to transport & use  $O_2$  during incremental exercise



Plateaux atteints par petit nombre de gens

**Comment savoir que c'est le max?! (critères secondaires)**

- Une concentration de lactate sanguin post-exercice supérieure à 8 mmol.L<sup>-1</sup>
- RER  $\geq$  1.15



!!!  $\neq$  de  $\dot{V}O_2$  peak

# Rendement musculaire/mécanique

## RENDEMENT (Efficiency)

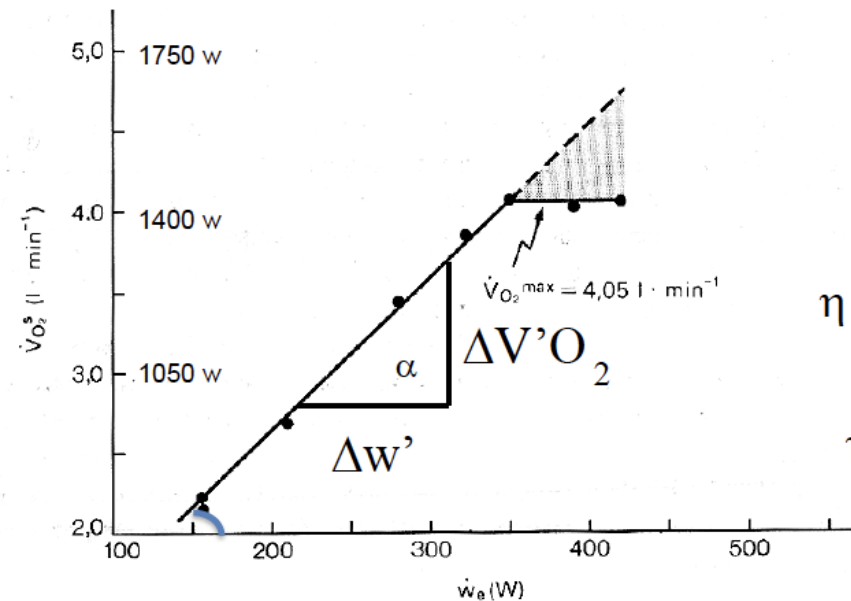
$$\eta = E_{\text{out}} / E_{\text{in}}$$

$$\eta = \Delta W / \Delta V O_2$$

$\eta$  – Rendement

$W$  – Travail (Joule ou N.m)

$VO_2$  – Consommation oxygène ( $L \cdot \text{min}^{-1}$ )



$$\eta = \frac{\dot{W}}{\dot{E}} = \frac{1}{\alpha}$$

$$\eta = 0.25$$

# Coût énergétique - $\dot{V}O_2$ et vitesse de la marche

## ■ COUT ENERGETIQUE

$$C = \Delta \dot{V}O_2 / \Delta v$$

C – Coût énergétique ( $L \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ )

$\dot{V}O_2$  – Consommation oxygène ( $L \cdot \text{min}^{-1}$ )

v – vitesse ( $\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$  ou  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ )

Coût énergétique influencé par:

- Facteurs patient:
  - Troubles de la marche
  - Dyspnée
  - ...
- Facteurs externes:
  - Pente
  - Qualité du sol

# Coût énergétique - $\dot{V}O_2$ et vitesse de la marche

## ■ COUT ENERGETIQUE

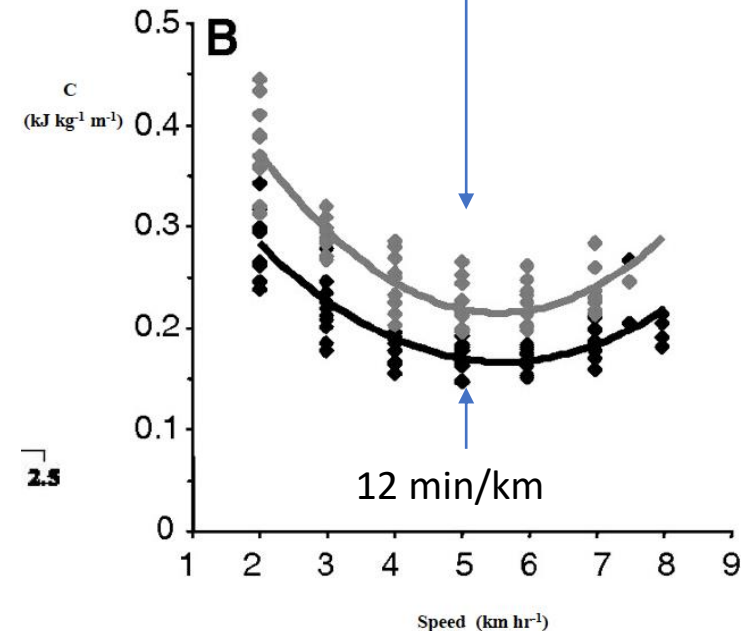
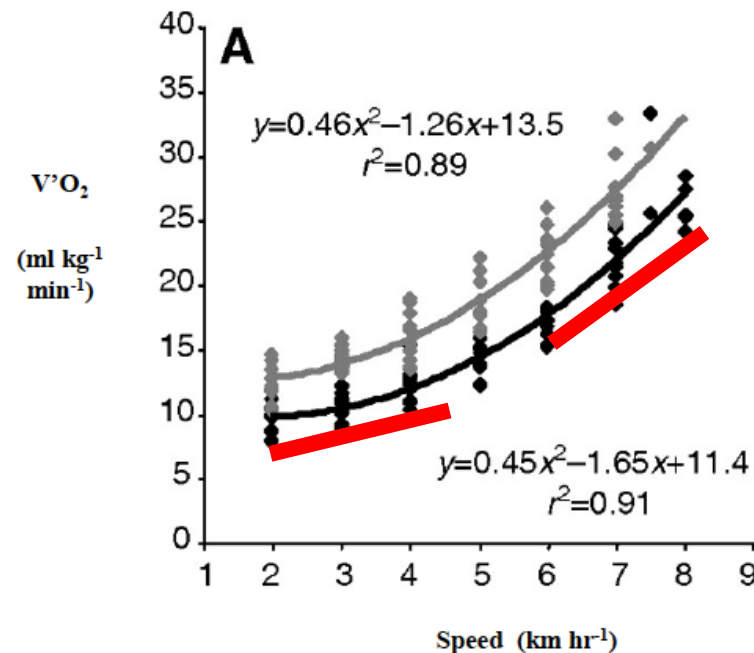
$$C = \Delta \dot{V}O_2 / \Delta v$$

C – Coût énergétique ( $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ )

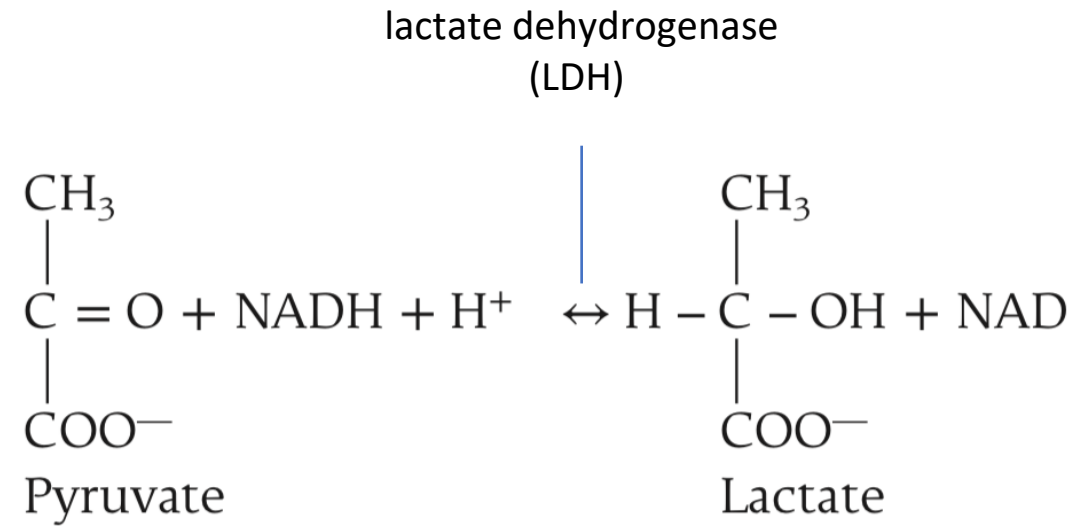
$\dot{V}O_2$  – Consommation oxygène ( $\text{L} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )

v – vitesse ( $\text{m} \cdot \text{sec}^{-1}$  ou  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ )

Vitesse optimale:  
Travail externe minimum  
Proportion d'énergie récupère par *mécanisme pendulaire* maximal



# Lactate et lactate déshydrogénase



# Destinations du lactate musculaire

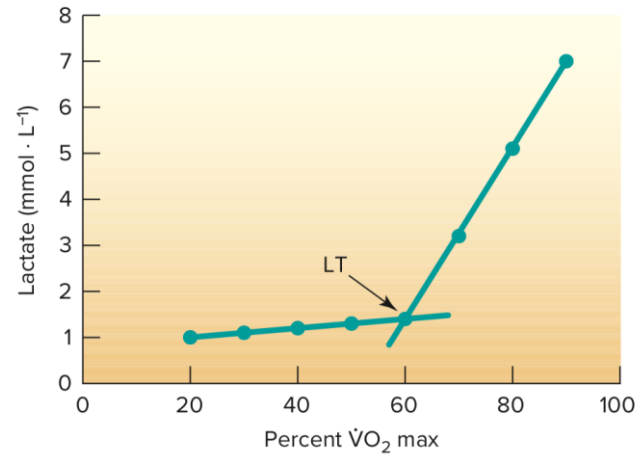
---

Rôles bioénergétiques:

- Circulation → Foie + Rein → Gluconéogenèse
- Circulation → Myocarde → utilisation comme substrat
  
- Muscle
  - oxydation à pyruvate dans le cytoplasme et mitochondrie par différents formes de la lactate déshydrogénase et possiblement autres enzymes (sujet de débat)
  - synthèse de glycogène (sujet de débat)

Le lactate n'a pas seulement un rôle "bioénergétique" mais multiples rôles dans la signalisation cellulaire, régulateur de multiples processus biologiques

# Seuil lactique



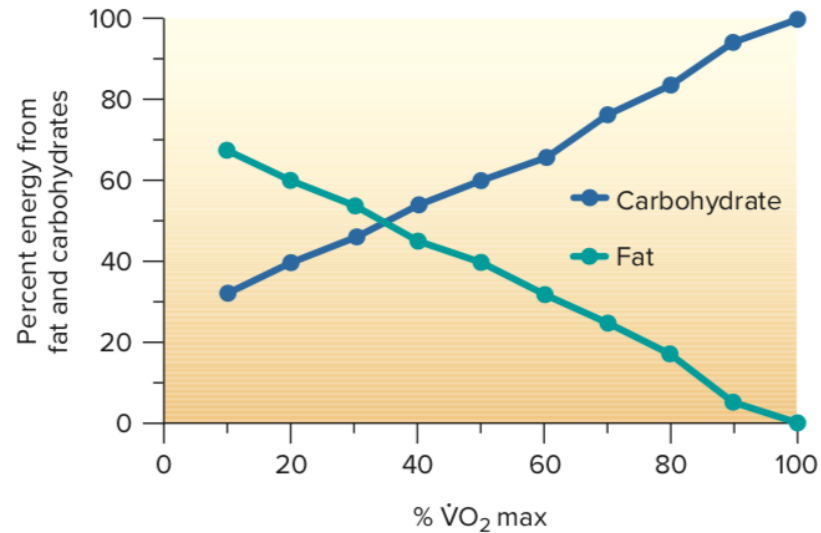
**Seuil lactique** (%  $\dot{V}O_2$  à partir de laquelle le  $[\text{lactate}]_{\text{sang}}$  augment exponentiellement) :

- Production > Elimination
- Utilité pratique: limite « physiologique » d'une intensité d'exercice « durable »

Facteurs contributives:

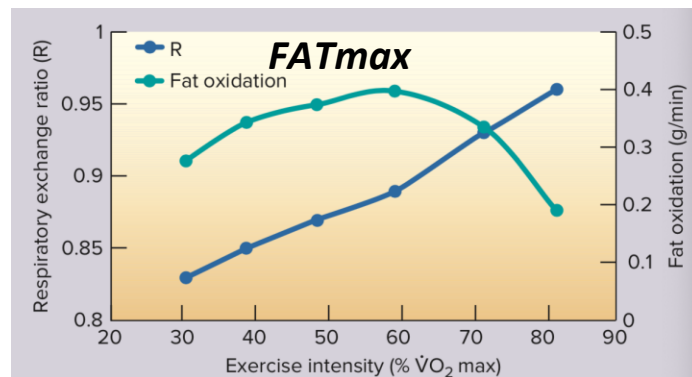
- Adrénaline:
  - ↑ Glycolyse: dépassement de la capacité transport NADH vers la mitoch.
  - ↑ Activité de LDH dans la direction pyruvate → lactate
- Recrutement fibres rapides (riches dans l'isoenzyme LDH que favorise pyruvate → lactate)
  - ↑ Activité de LDH dans la direction pyruvate → lactate
- ↓ clearance lactate de la circulation
- Hypoxie muscle:
  - Moins important dans l'absence de pathologie/maladies (ex. artériopathie), absence de hypoxémie (ex. altitude) et dans la gamme d'activité physique non-pathologique

# Choix des combustibles & intensité de l'exercice



## **Crossover lipides → glucides:**

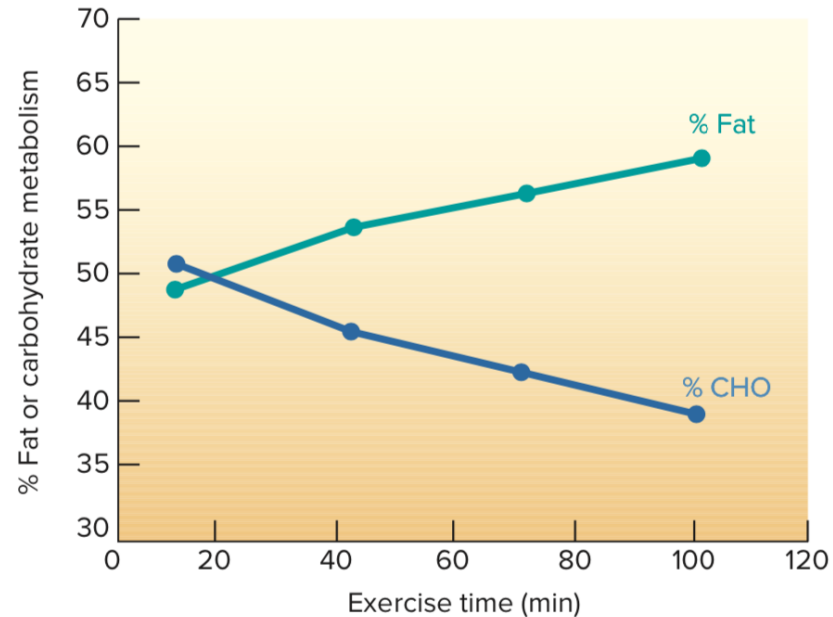
- 30-40%  $\dot{V}O_2$  max
- Recrutement fibres rapides  
enzymes glycolytiques > lipolytiques
- Augmentation des niveaux d'adrénaline  
+ glycogène phosphorylase



## **MAIS exercice a < 30% $\dot{V}O_2$ max:**

- Dépense énergétique total est basse avec basse intensité d'exercice
- Quantité totale de lipides oxydé est basse

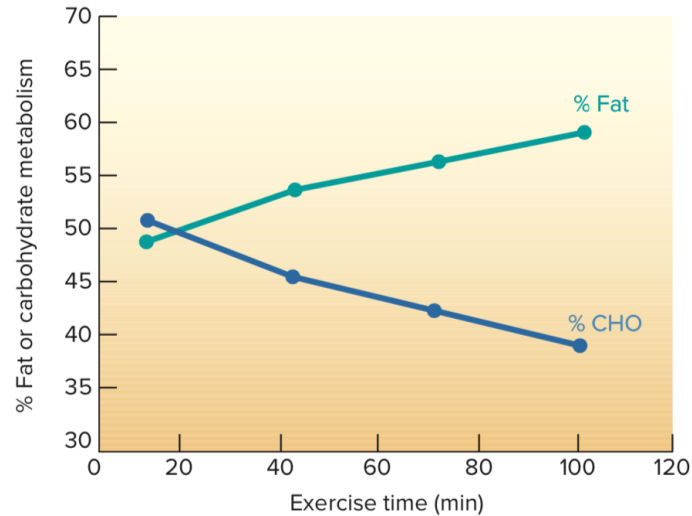
# Choix des combustibles & durée de l'exercice



## **Crossover glucides → lipides:**

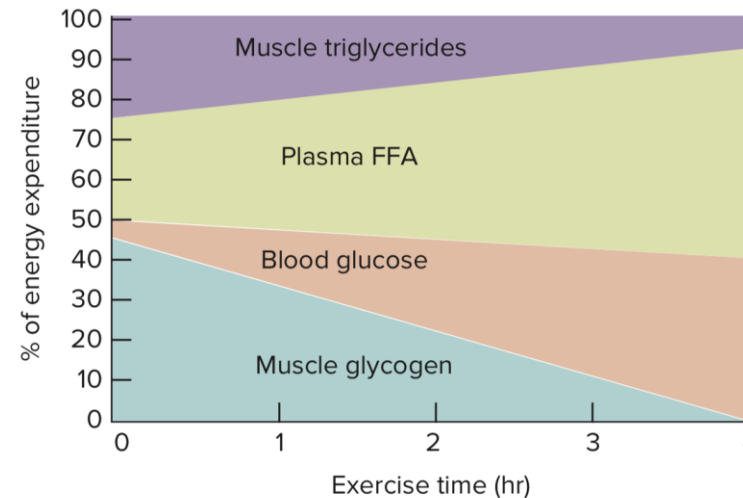
- 30' à intensité modérée (40% to 59% V'O2 max)
- Lipolyses (activités des Lipases): besoin de temps
- Stimulation hormonale par  
 ↑adrénaline, glucagon avec temps
- Inhibition hormonale, besoin de  
 ↓insuline avec temps

# Choix des combustibles & durée de l'exercice

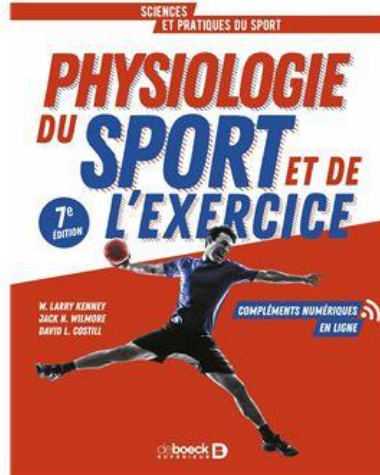


## Crossover glucides → lipides:

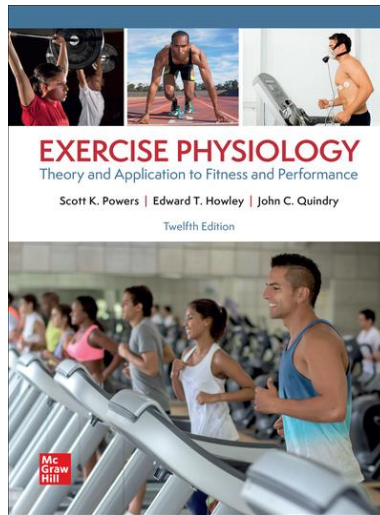
- 30' à intensité modérée (40% to 59%  $\dot{V}O_2$  max)
- Lipolyses (activités des Lipases): besoin de temps
- Stimulation hormonale par  
 ↑adrénaline, glucagon avec temps
- Inhibition hormonale, besoin de  
 ↓insuline avec temps



# Principales références bibliographiques



- Wilmore, Costill, Groussard, Kenney, Zouhal, & Delamarche. (2021). *Physiologie du sport et de l'exercice*. De Boeck Supérieur.



- Powers, Scott K, and Edward T. Howley. (2024). *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance*. McGraw-Hill Education.

Merci de votre attention !

[ivo.neto@hug.ch](mailto:ivo.neto@hug.ch)

<https://orcid.org/0000-0002-7391-786X>