

*Fédération Tunisienne  
de judo*



**Cours physiologie: Entraîneurs 1<sup>er</sup> degré**

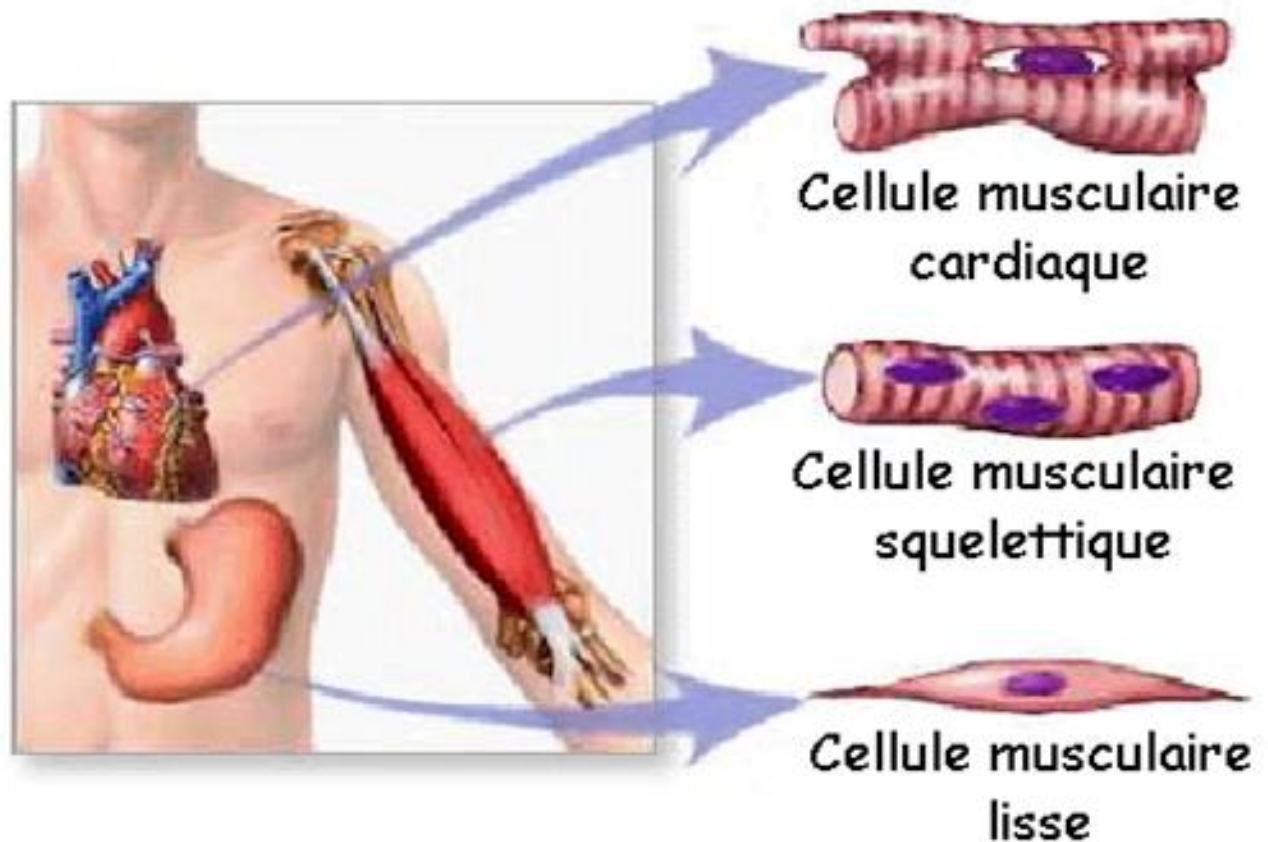
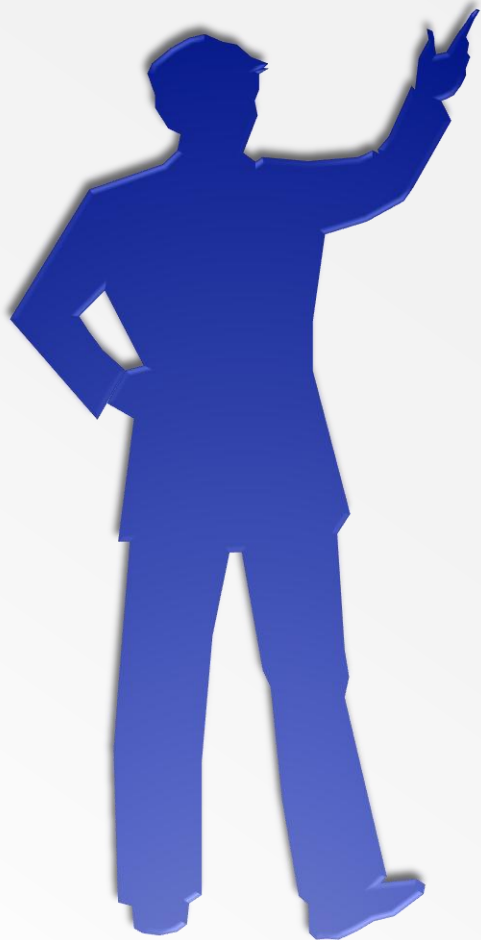
# Les filières énergétiques

**Hamdi Chtourou**

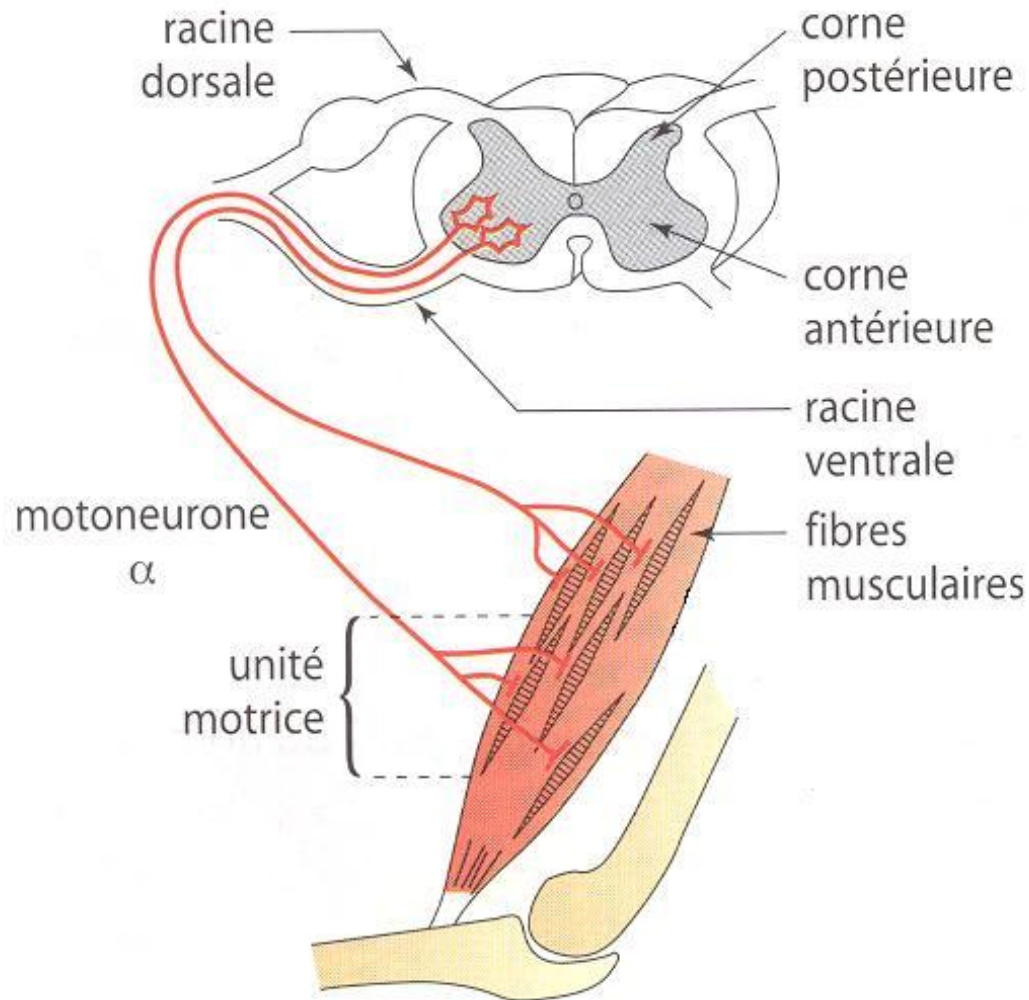
**[h\\_chtourou@yahoo.fr](mailto:h_chtourou@yahoo.fr)**

**21/12/2012**

# La contraction musculaire



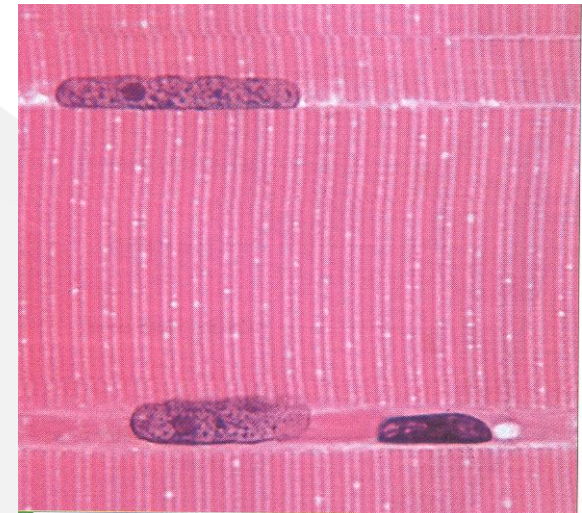
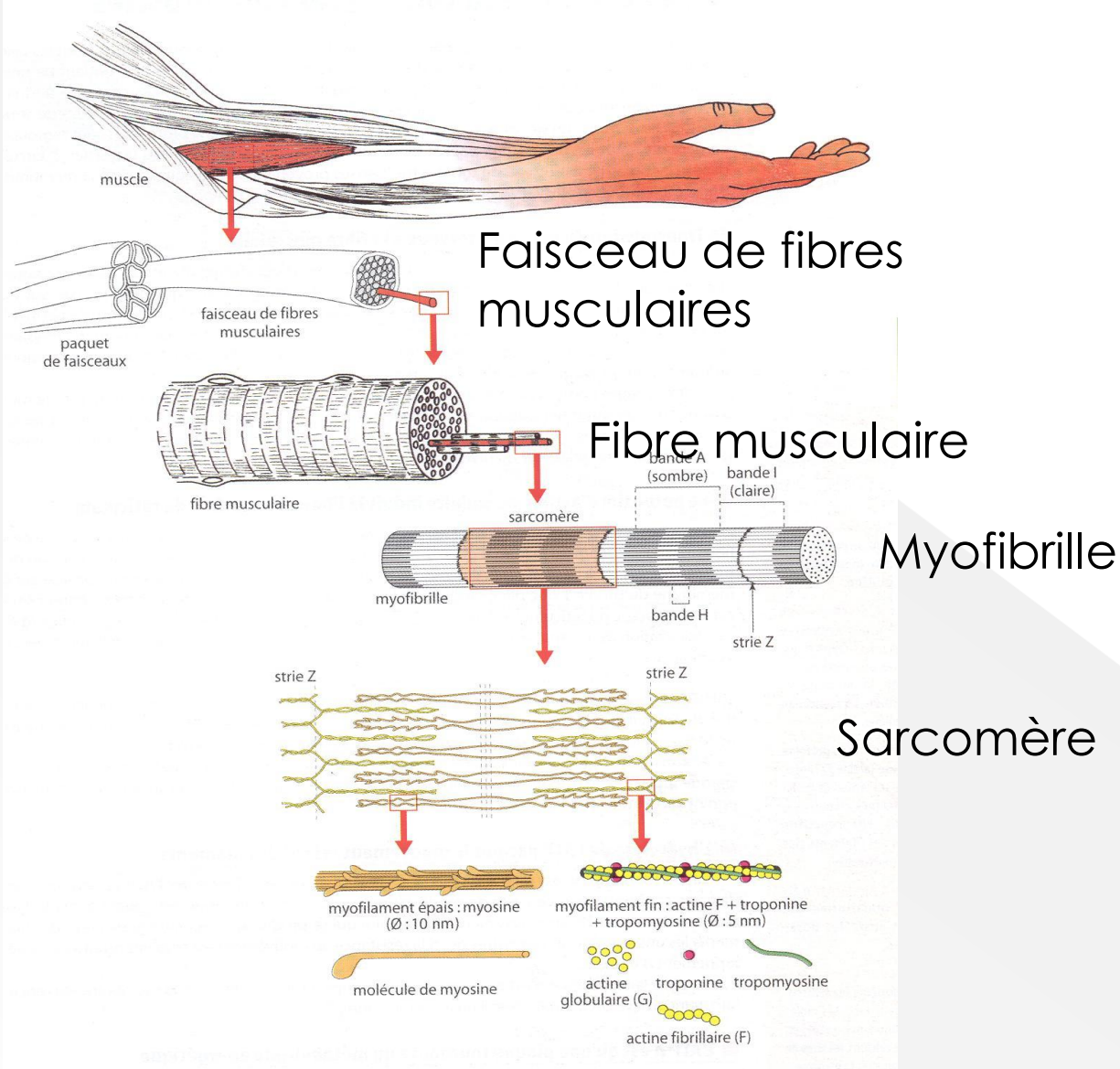
# La contraction musculaire



⇒ **L'unité motrice** regroupe l'ensemble des fibres musculaires innervées par un même motoneurone.

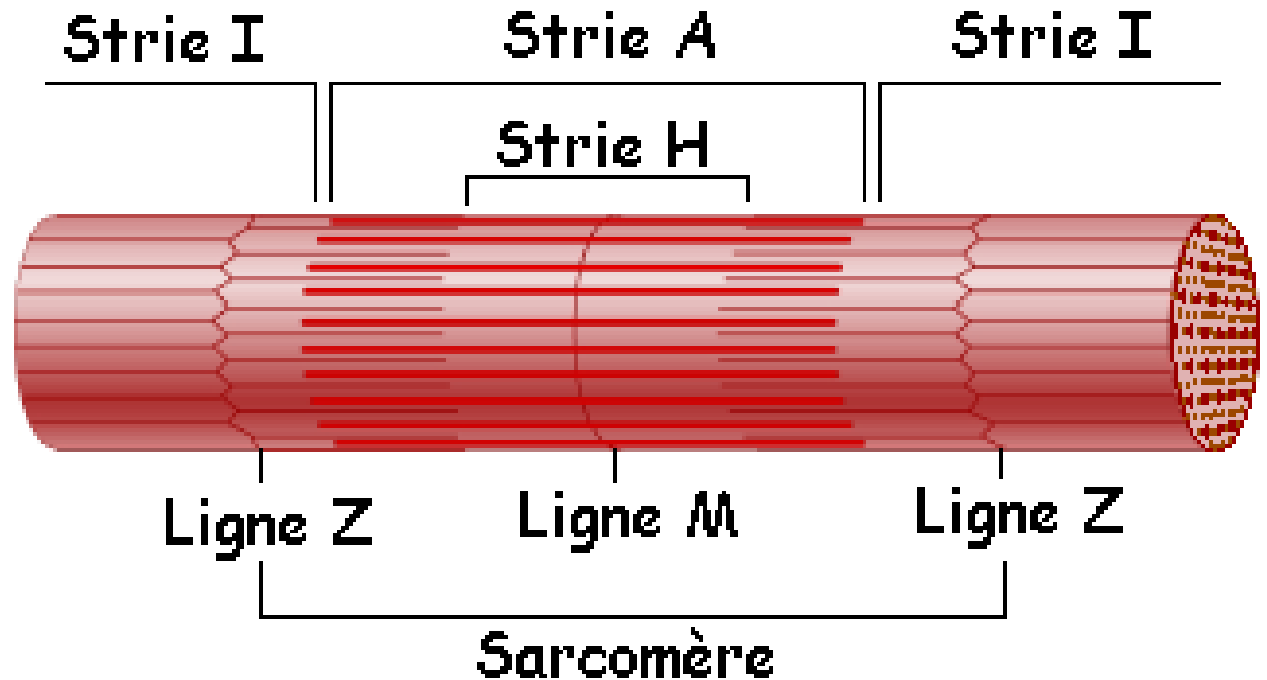
La contraction de ces fibres musculaires est donc simultanée.

# La contraction musculaire



# La contraction musculaire

## Myofibrilles



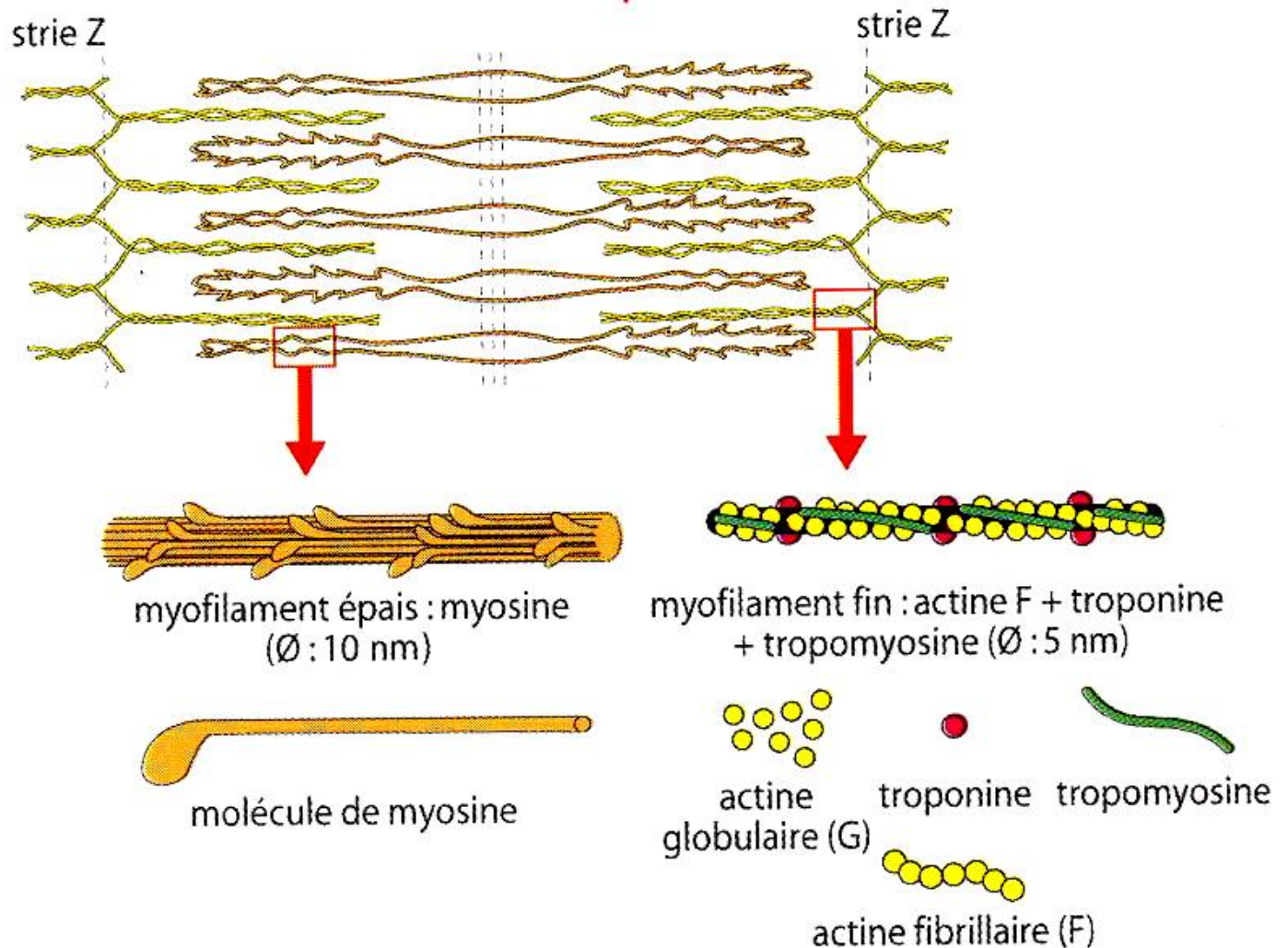
**Strie A** : filaments épais de myosine + des parties des filaments fins d'actine.

**Strie I** : uniquement des filaments fins.

**Strie H** : uniquement des filaments épais.

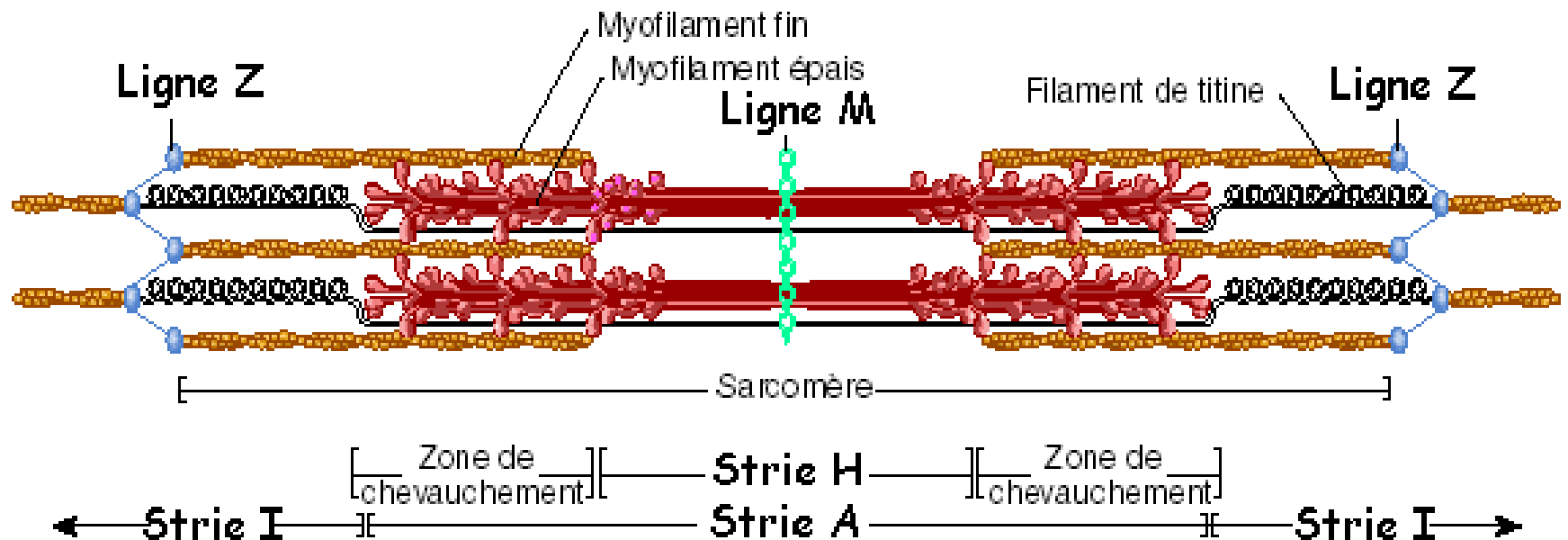
**Strie M** : molécules protéiques reliant les filaments épais adjacents.

# La contraction musculaire



Sarcomère

# La contraction musculaire

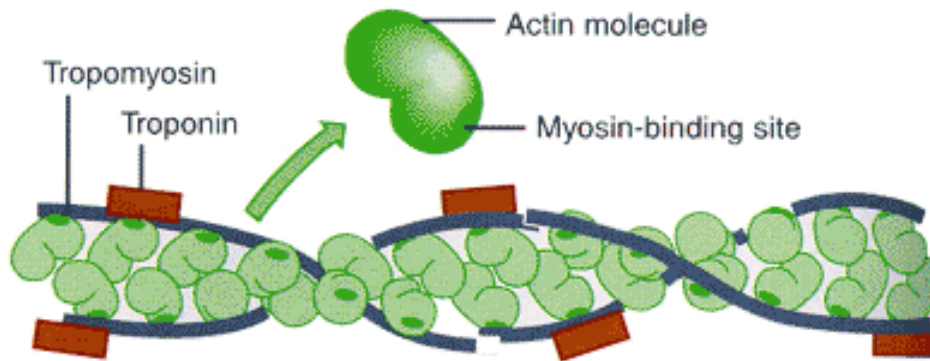
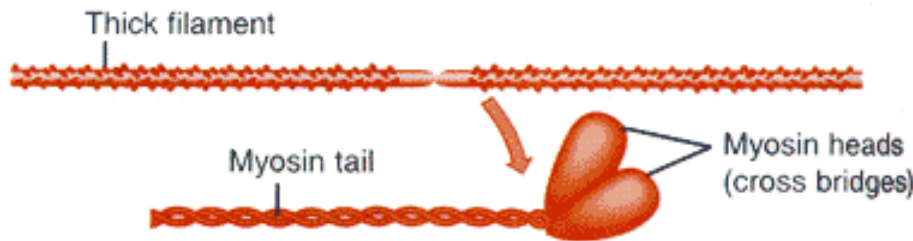


Filament épais = myosine

Filament mince = actine

# La contraction musculaire

## Myosine

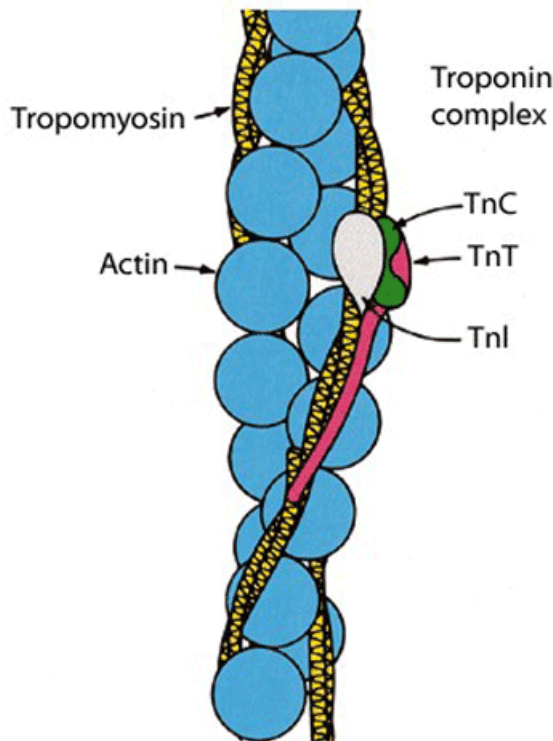


Les têtes des molécules de myosine:

- Comportent des **sites de liaison de l'actine**
- Contiennent des **sites de liaison de l'ATP**
- Contiennent des **enzymes ATPases** qui dissocient l'ATP

# La contraction musculaire

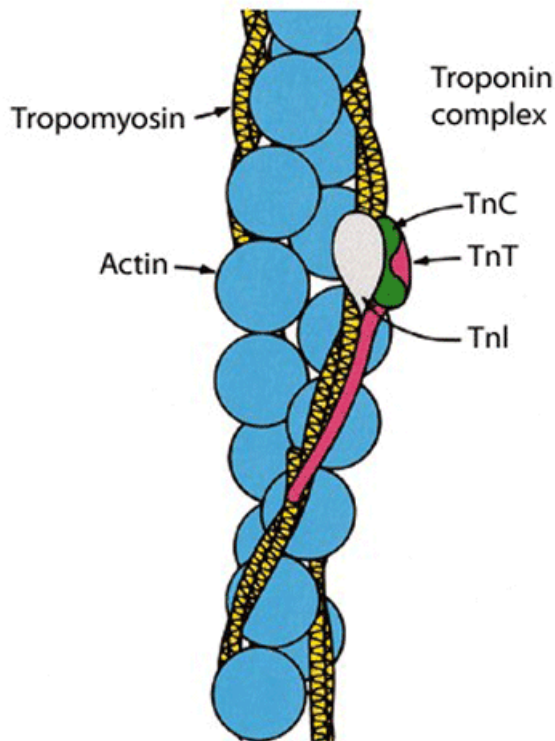
## Actine



- S'attache par une extrémité sur une strie Z, l'autre s'étend entre les filaments de myosine au centre du sarcomère
- Chaque filament est composé de deux protéines régulatrices: tropomyosine, troponine
- Ossature du filament
- Molécules globuleuses torsadées
- Chaque molécule porte des sites de liaison sur lesquels les têtes de myosine se fixent

# La contraction musculaire

## Actine



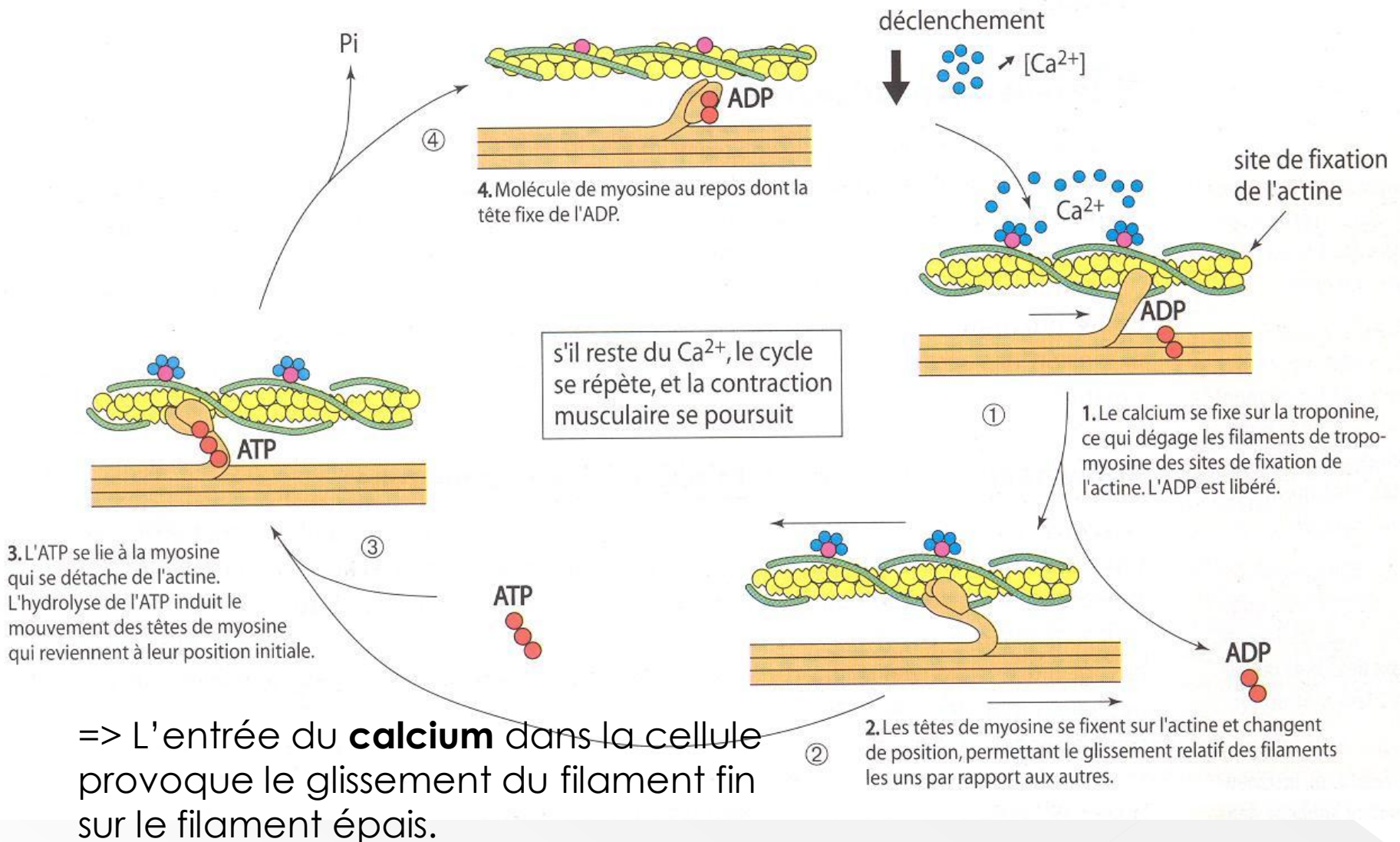
## Tropomyosine

- ⊙ Protéine fibrillaire
- ⊙ Deux chaînes identiques torsadées
- ⊙ Entoure les filaments d'actine
- ⊙ Au repos, empêche la fixation actine/myosine

## Troponine

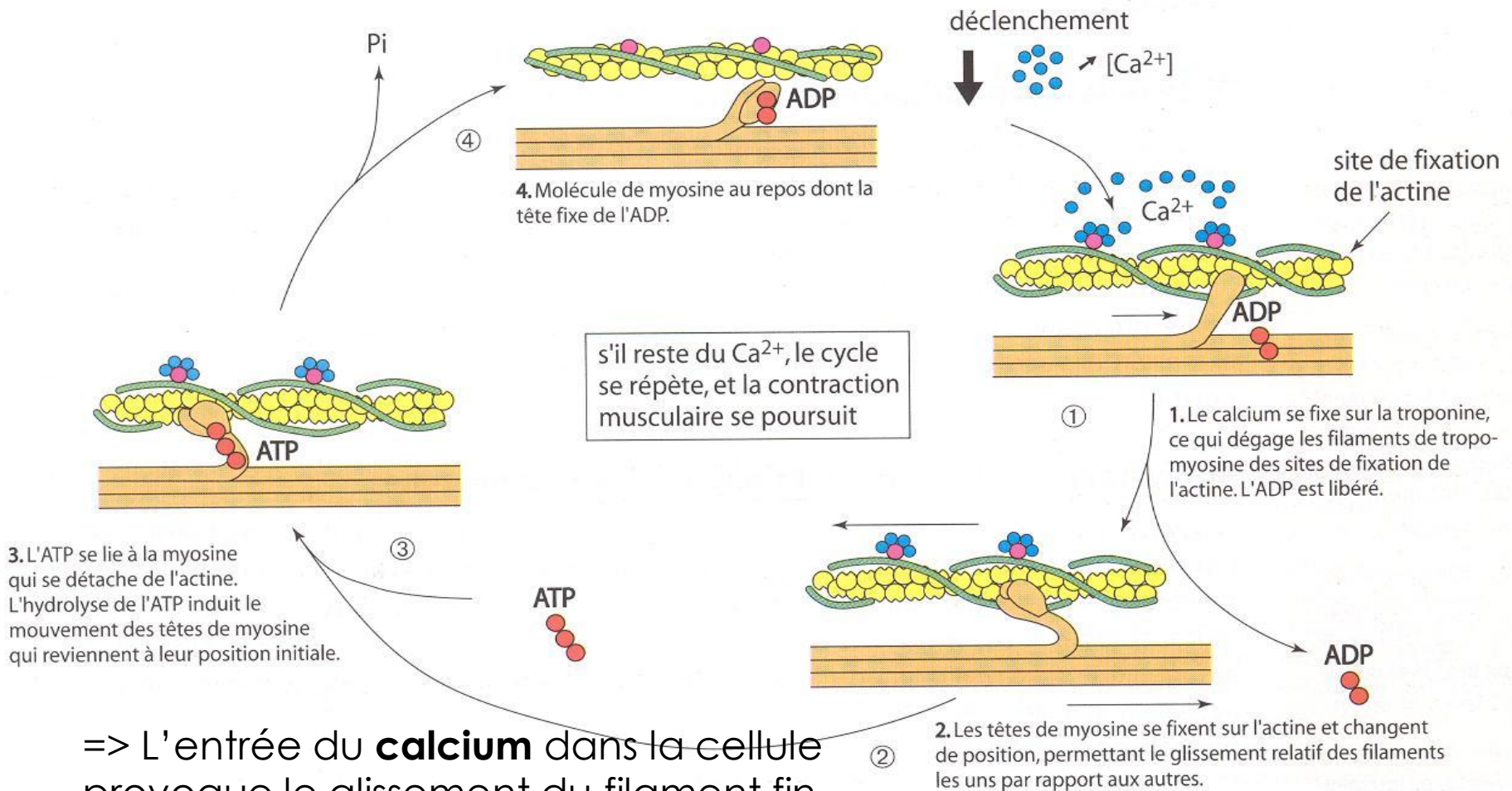
- ⊙ Plus complexe
- ⊙ Attachée à l'actine et à la tropomyosine
- ⊙ Composée de 3 sous-unités:
  - TnC : peut lier le  $\text{Ca}^{2+}$
  - TnI : inhibitrice de l'activité ATPasique
  - TnT : se fixe à la tropomyosine

# La contraction musculaire



# La contraction musculaire

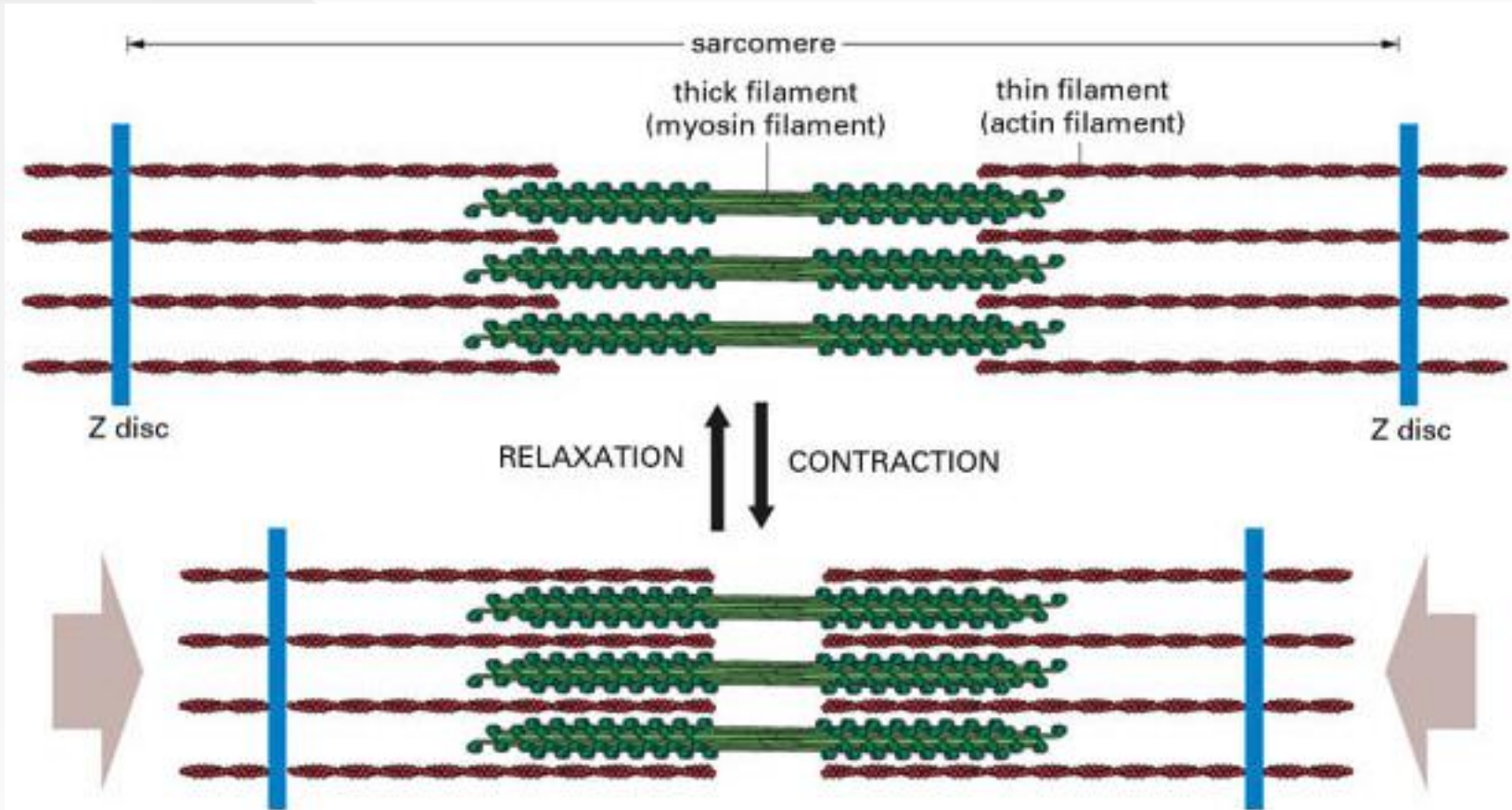
## Le couplage excitation/contraction



=> L'entrée du **calcium** dans la cellule provoque le glissement du filament fin sur le filament épais.

# La contraction musculaire

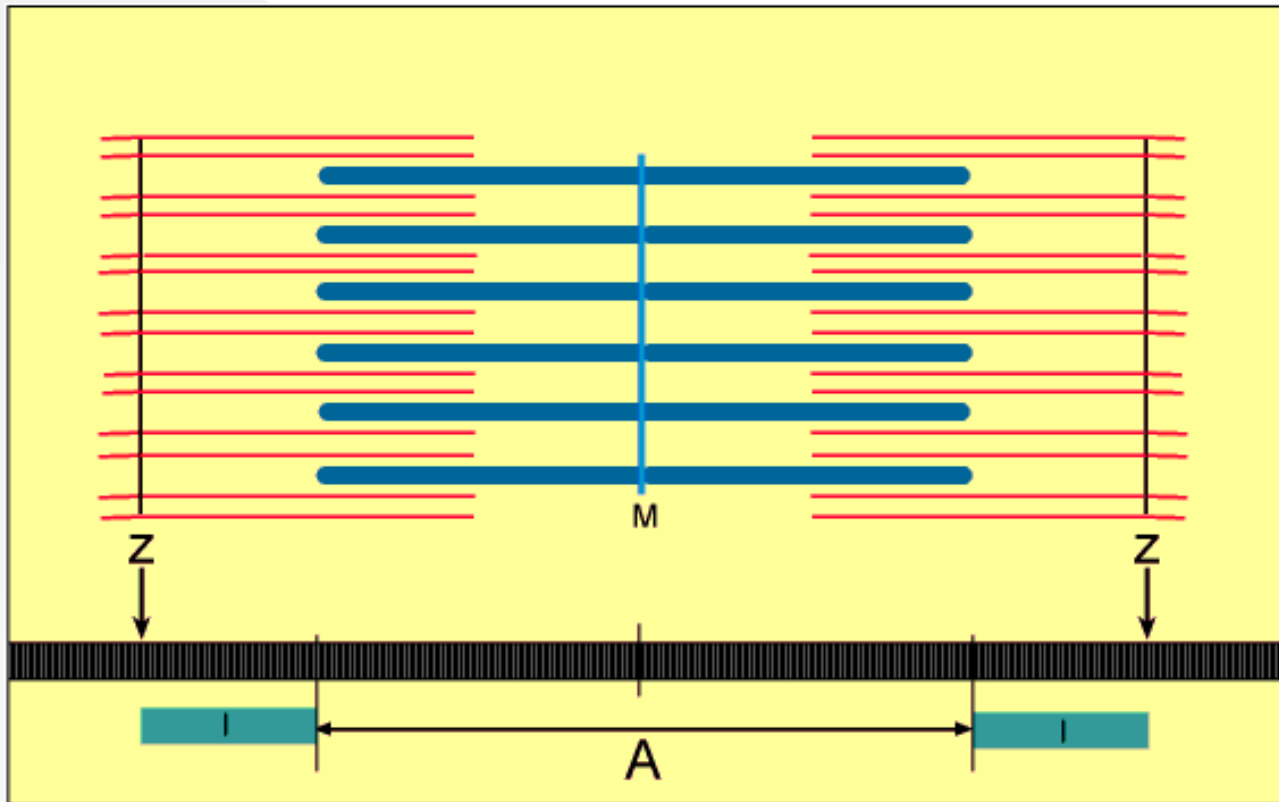
## Le raccourcissement du sarcomère



=> Le glissement du filament fin sur le filament épais provoque le raccourcissement des sarcomères et donc du muscle = **contraction**.

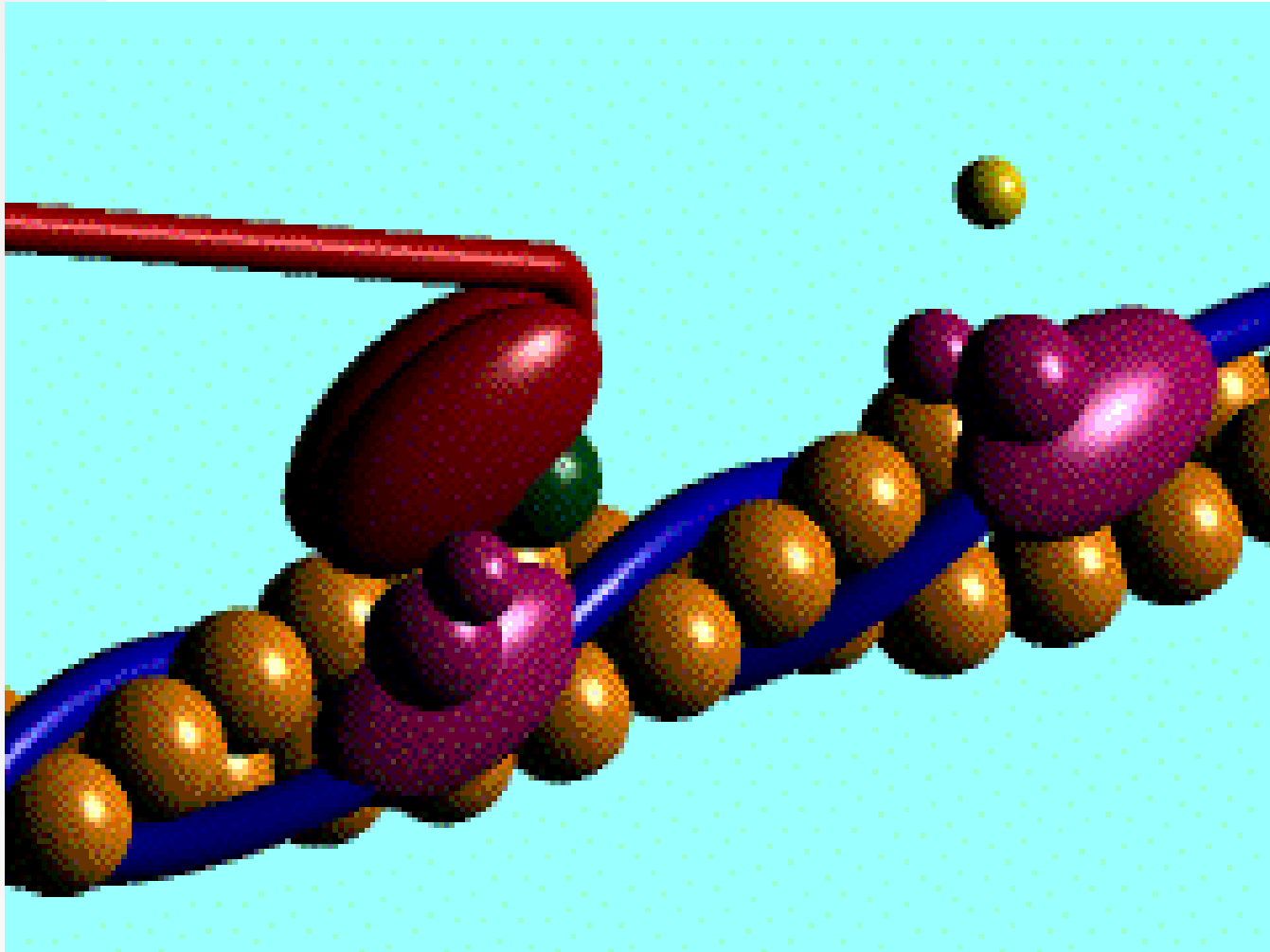
# La contraction musculaire

## Le raccourcissement du sarcomère



Durant la contraction, les filaments minces glissent sur les filaments épais de sorte que l'actine et la myosine se chevauchent davantage.

# La contraction musculaire



# Sources d'énergie

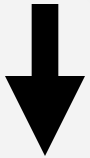
**NUTRIMENTS ALIMENTAIRES**



**ÉNERGIE CHIMIQUE (ATP)**



**CONTRACTION MUSCULAIRE**

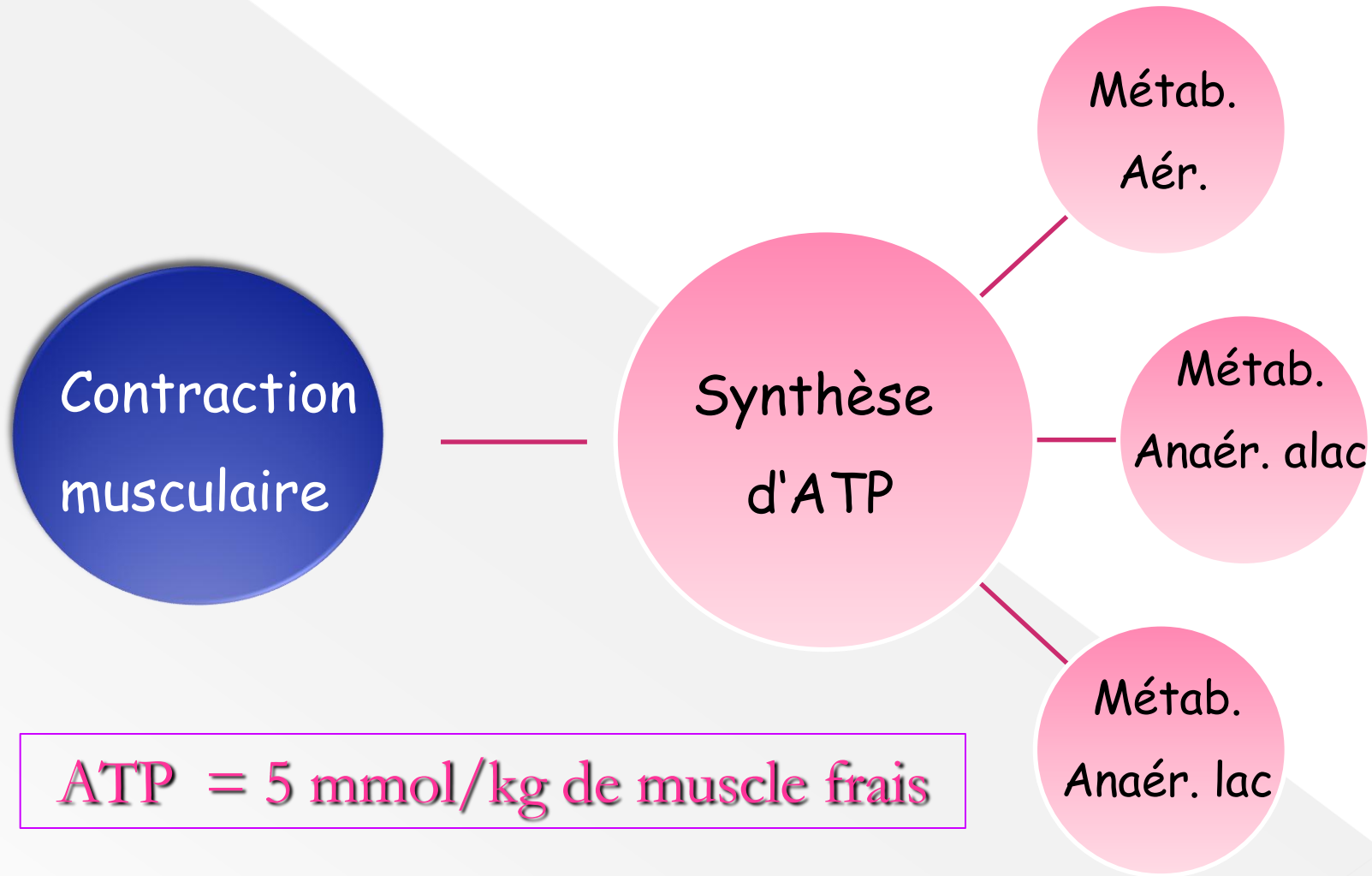


**ÉNERGIE MÉCANIQUE**



**ÉNERGIE  
THERMIQUE**

# Filières énergétiques



Hydrolyse de l'ATP catalysée par une enzyme: ATPase

# Filières énergétiques

Une fois l'ATP hydrolysée en ADP, sa régénération se fait suivant trois voies:

- Anaérobie alactique (ATP + PCr):

Par interaction de l'ADP avec la créatine phosphate (phosphocréatine).

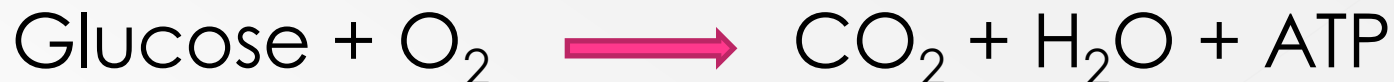


- Anaérobie lactique (Glucides): glycolyse anaérobie

À partir du glycogène emmagasiné – Produit de l'acide lactique.

- Aérobie (Glucides, Lipides & Protéines): phosphorylation oxydative

Se produit dans les mitochondries – Nécessite la présence d'oxygène.



# Filière anaérobie alactique

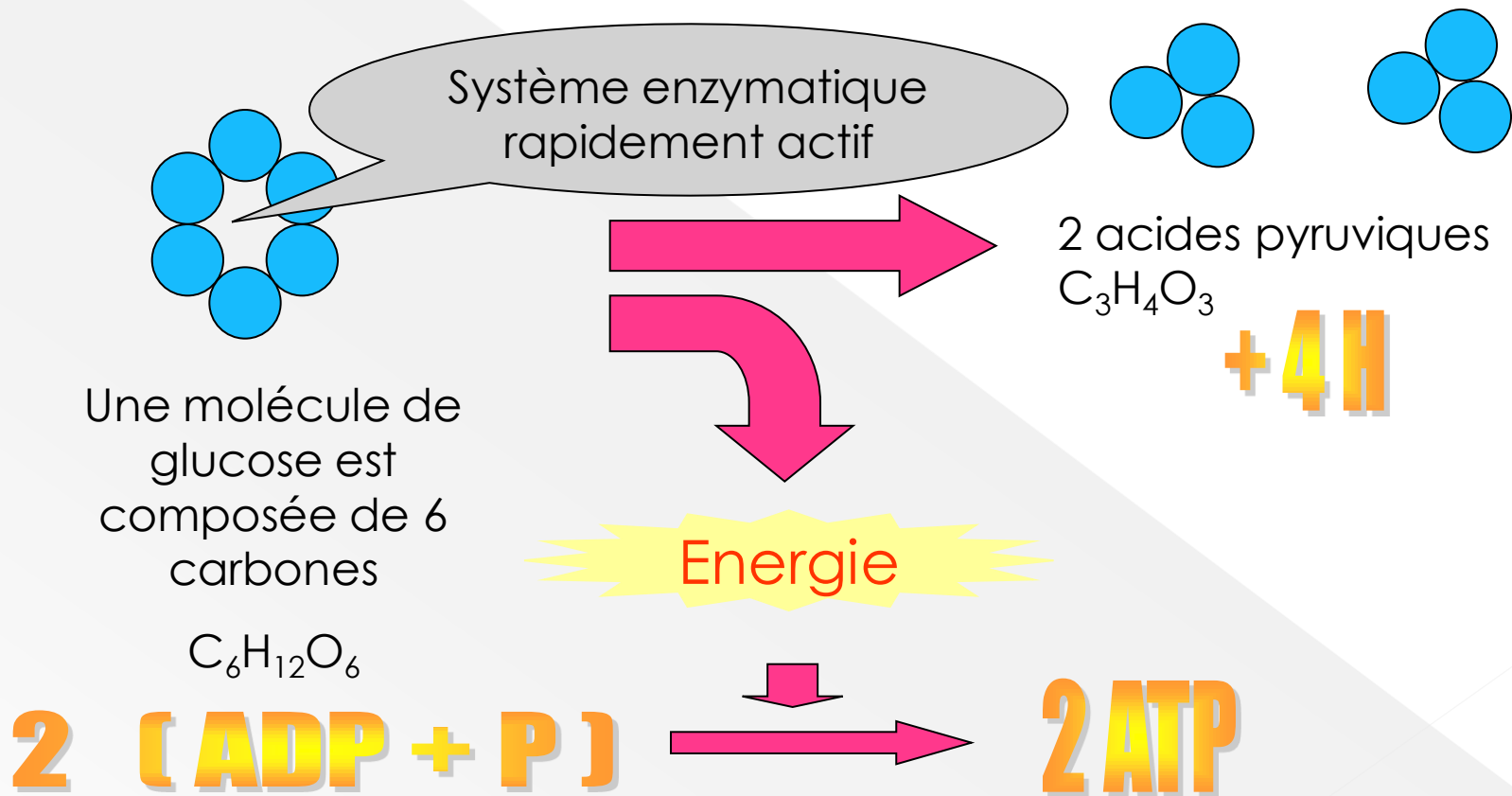
- ✓ Utilise : ATP et Créatine Phosphate (CP)
- ✓ Délai d'intervention: immédiat
- ✓ Intensité d'effort : très élevée
- ✓ Temps d'épuisement : entre 6 et 10 secondes en fonction de l'intensité de l'effort dû à l'épuisement des réserves d'ATP et de CP présentes dans le muscle.

# Filière anaérobie alactique

<b>Délai</b>	<b>Immédiat</b>
<b>Puissance</b>	<b>Maximale</b>
<b>Capacité</b>	<b>Faible (~10 s maxi)</b>
<b>Rendement</b>	<b>~40%</b>
<b>Facteur limitant</b>	<b>Réserves en ATP et en Créatine phosphate</b>

# Filière anaérobie lactique

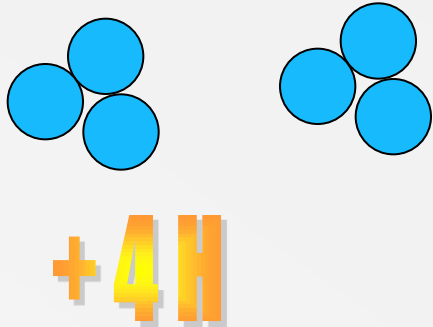
## ◉ La glycolyse anaérobie



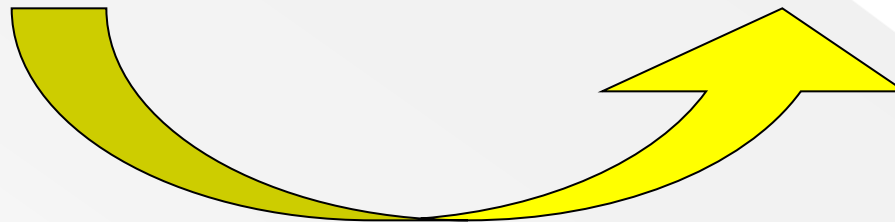
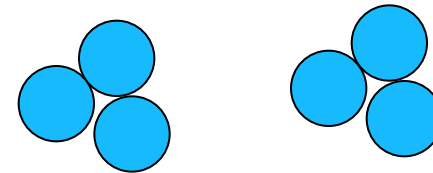
# Filière anaérobie lactique

## La fermentation lactique

2 acides pyruviques  $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$



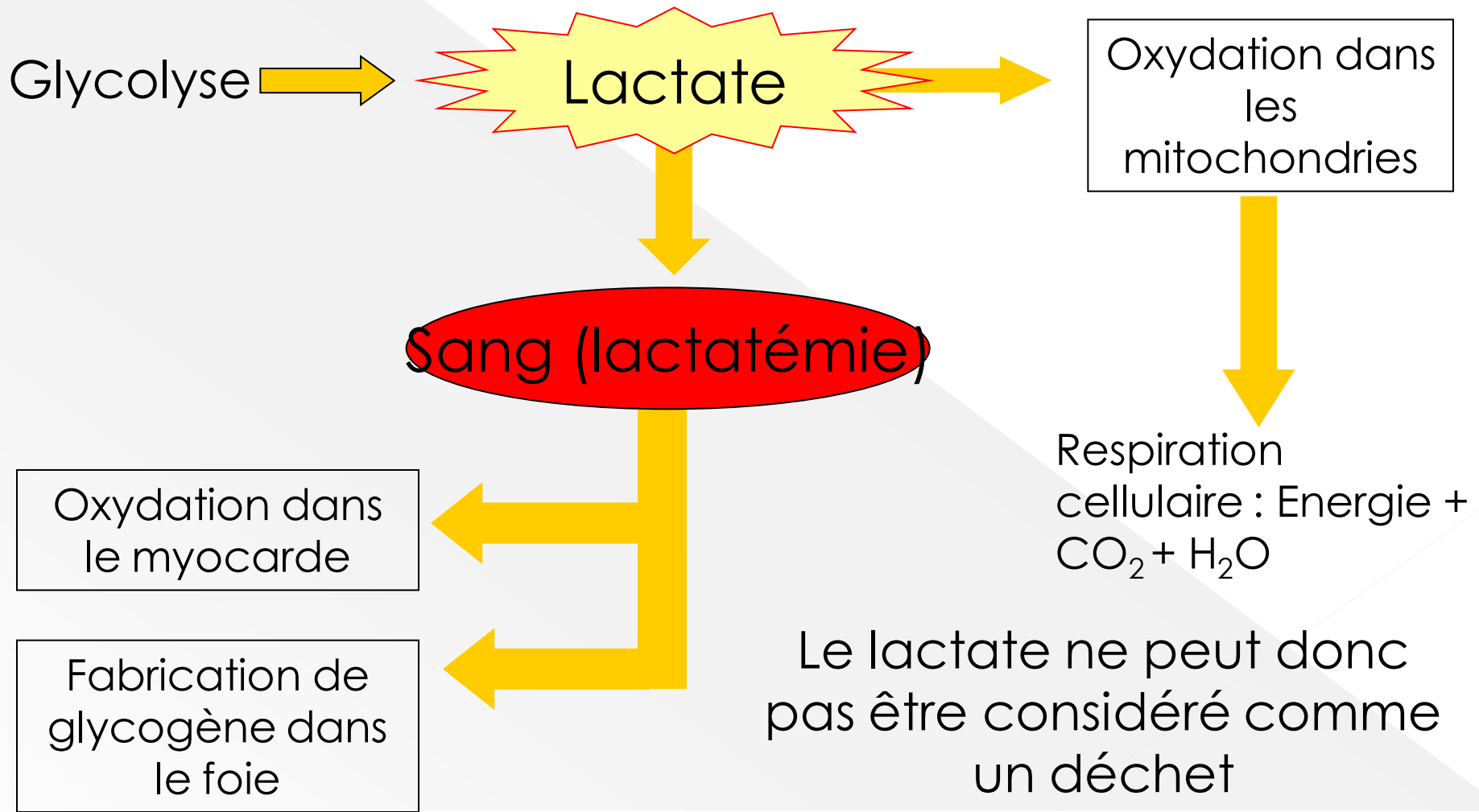
2 acides lactiques :  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$



Sans utilisation d'O<sub>2</sub>

# Filière anaérobie lactique

## Que devient le lactate ?



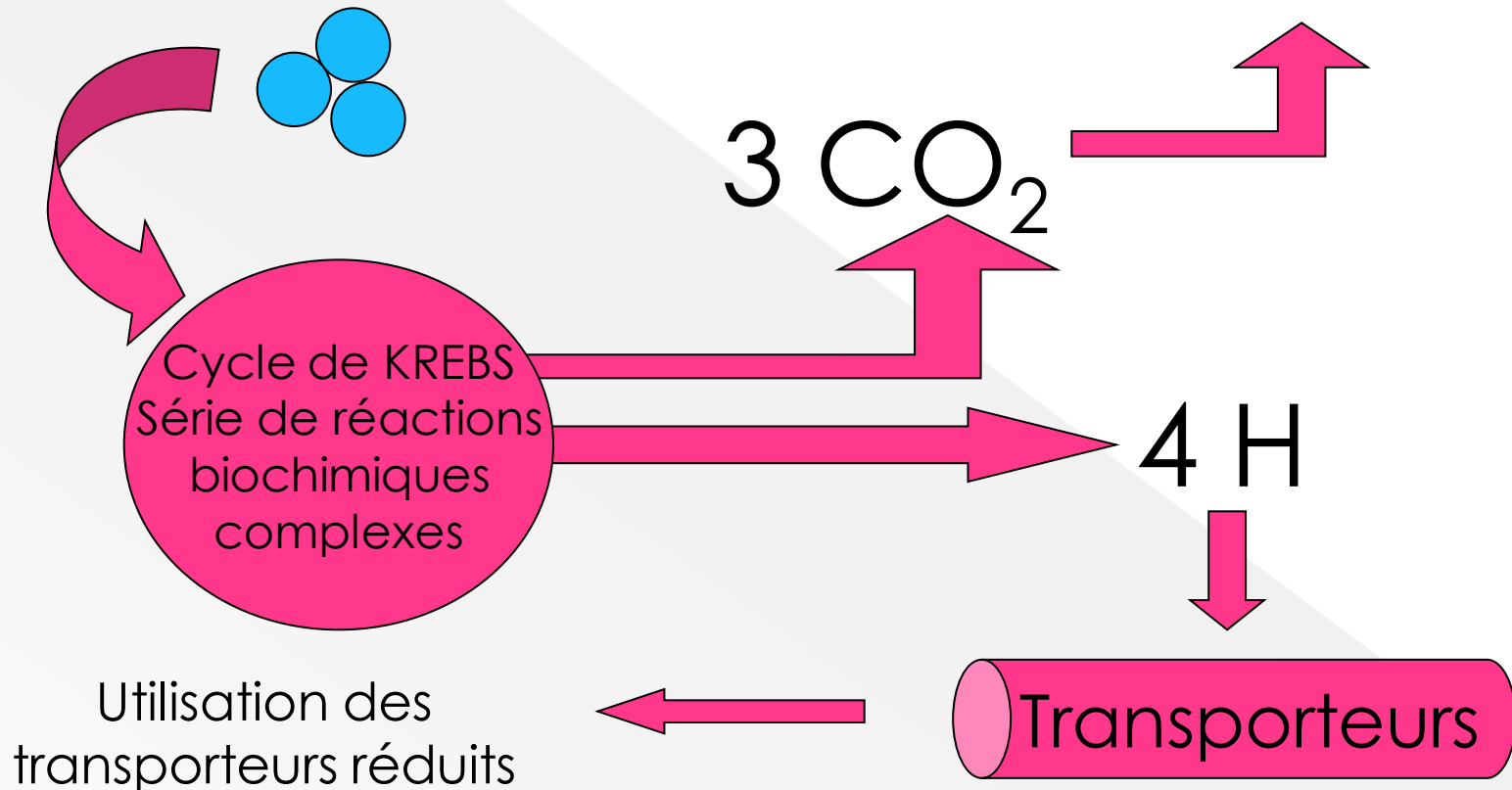
# Filière anaérobie lactique

<b>Délai</b>	<b>~20 secondes</b>
<b>Puissance</b>	<b>En baisse</b>
<b>Capacité</b>	<b>2 à 3 minutes</b>
<b>Rendement</b>	<b>~40%</b>
<b>Limites</b>	<b>Capacité à utiliser le lactate</b>

# Filière aérobie

Utilisation des acides pyruviques produits par la glycolyse en présence d'O<sub>2</sub>

Elimination

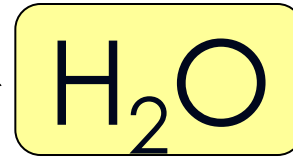
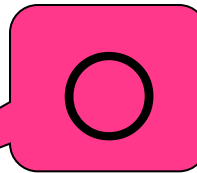
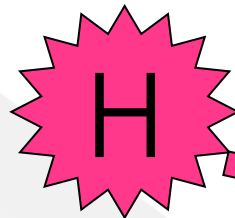


# Filière aérobie

Utilisation des Hydrogènes  
produits

Glycolyse  
Cycle de KREBS

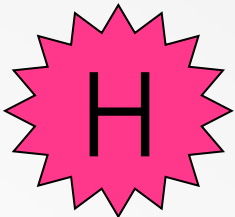
Respiration



Chaîne respiratoire

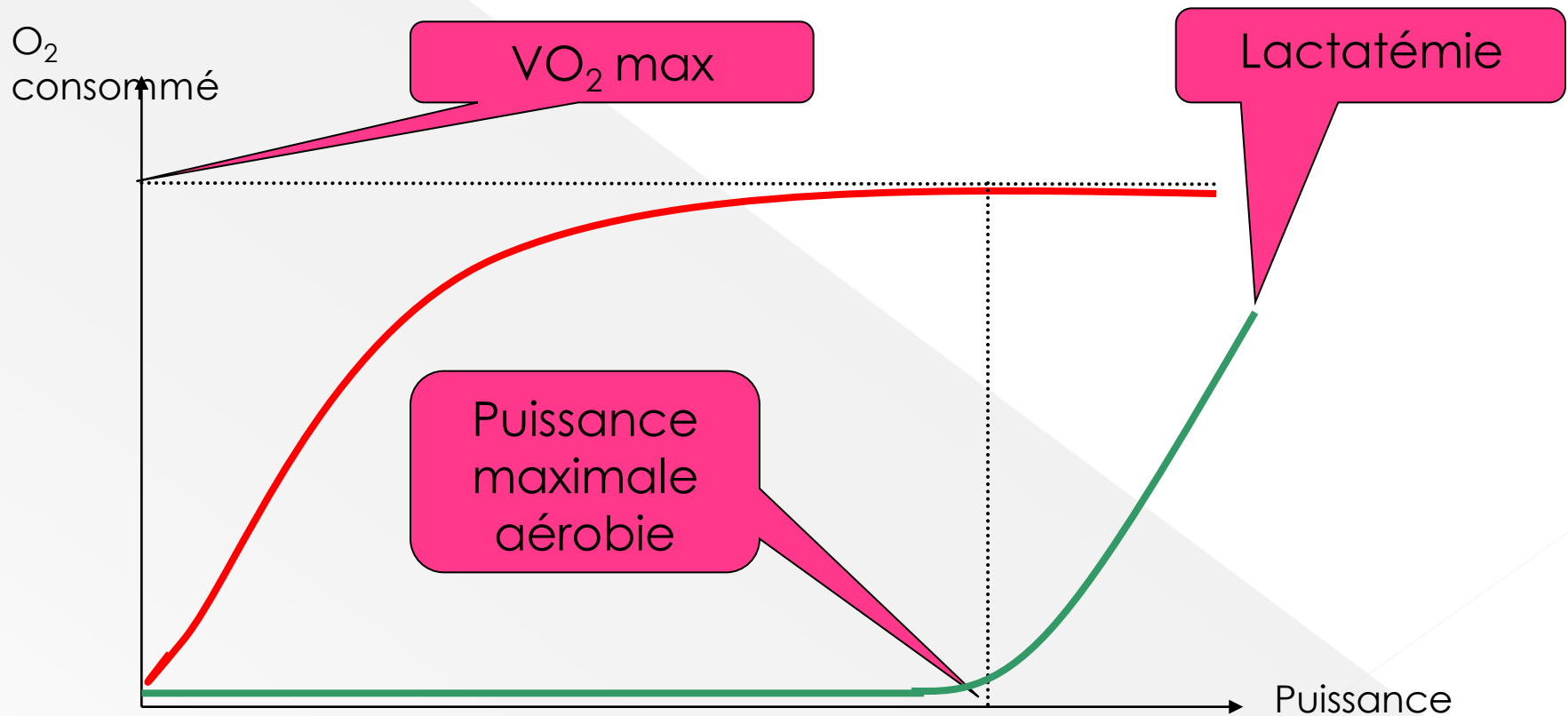
Energie  
36 ATP

Transporteurs



# Filière aérobie

Le facteur limitant: Le  $\text{VO}_2 \text{ max}$



# Filière aérobie

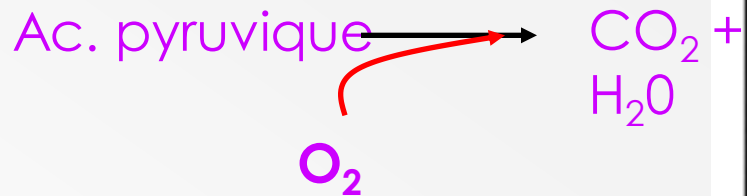
<b>Délai</b>	<b>2 à 3 minutes</b>
<b>Puissance</b>	<b>Fonction du <math>\text{VO}_2</math> max</b>
<b>Capacité</b>	<b>Illimitée (en théorie)</b>
<b>Rendement</b>	<b>65%</b>
<b>Limites</b>	<b><math>\text{VO}_2</math> max</b>

# Filière ana. lac. & aérobie

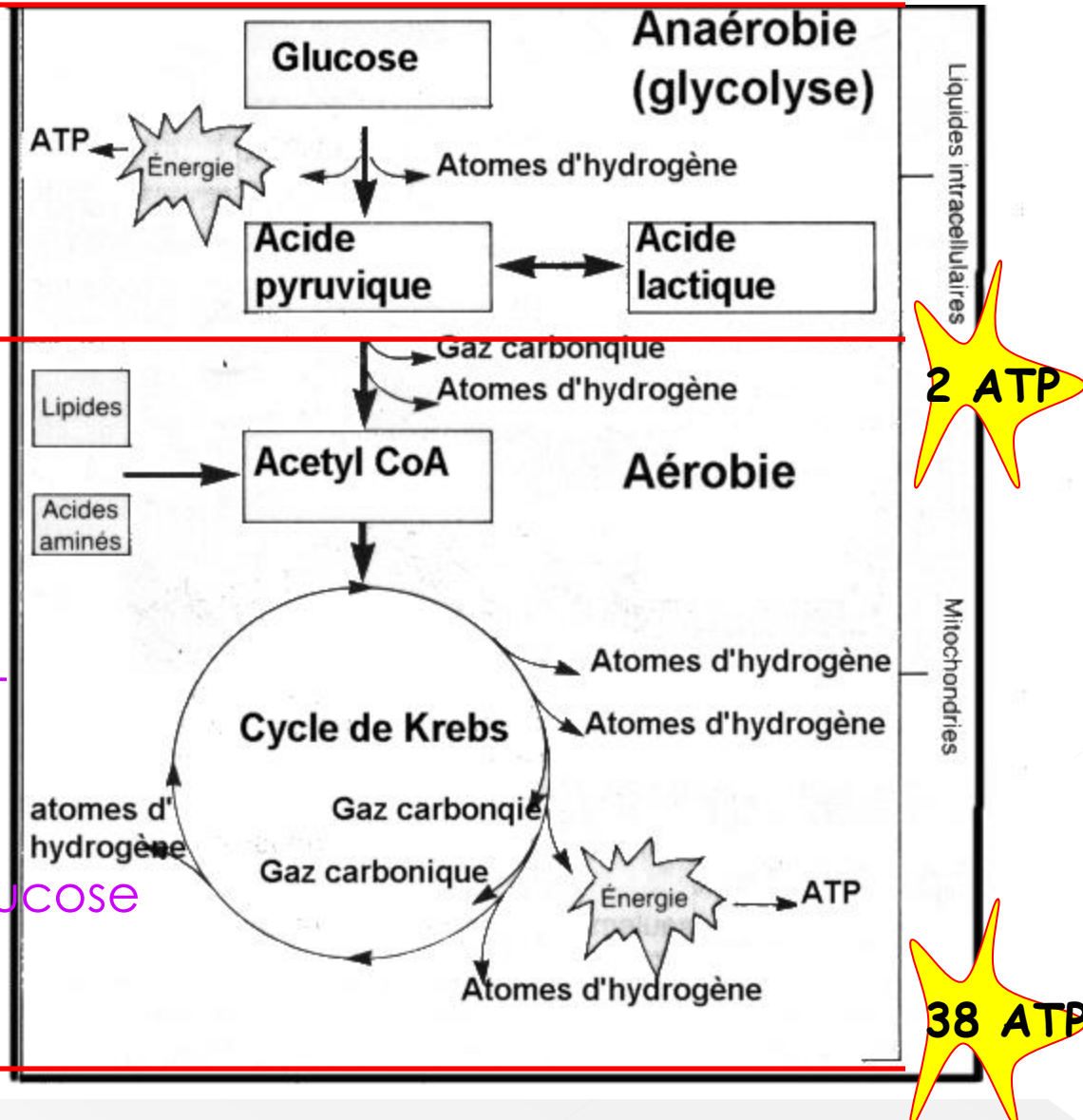
## Glycolyse :

Dégradation **incomplète**

## Cycle de KREBS et phosphorylations oxydatives:



Dégradation **complète** du glucose

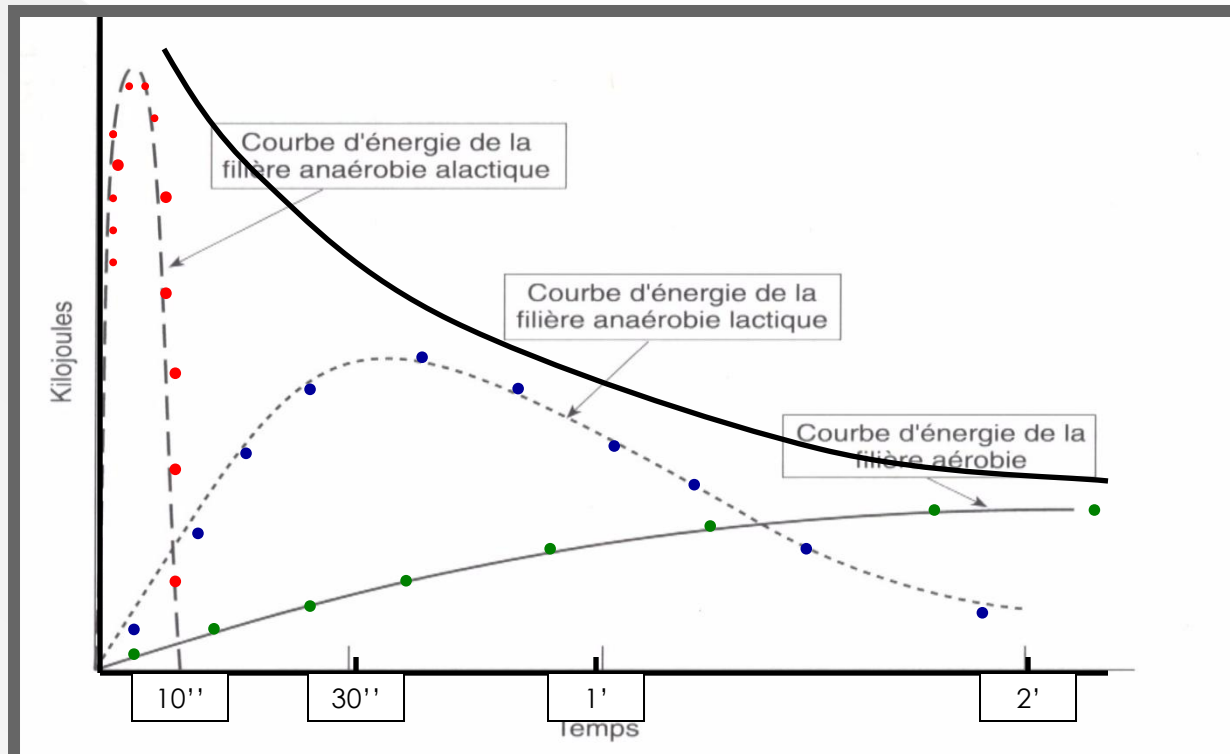


# Mise en jeu des trois filières

Chacun de ces métabolismes énergétiques peut être caractérisé par:

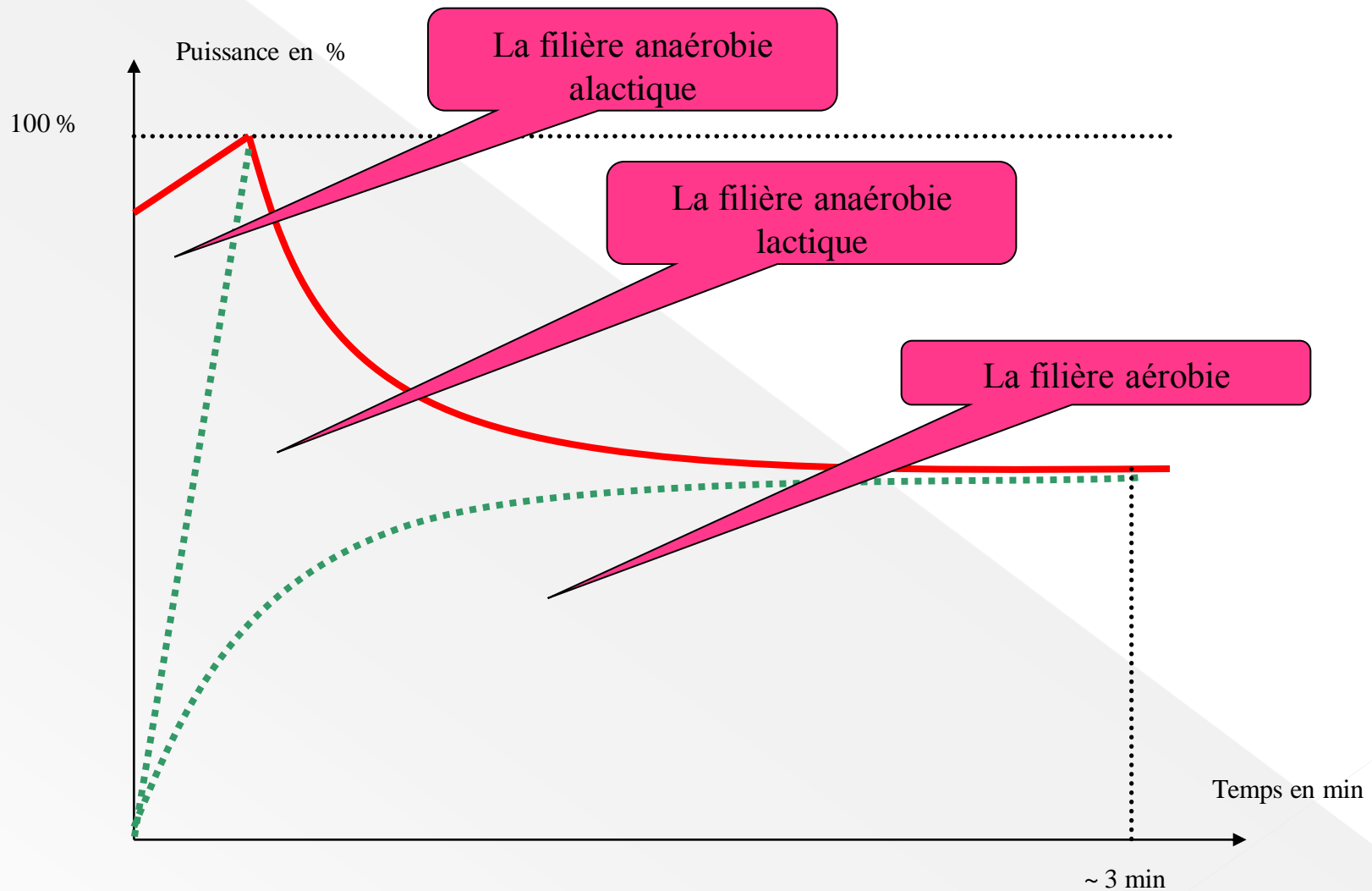
- Inertie: rapidité d'intervention.
- Puissance: nombre de molécules d'ATP qu'il peut resynthétiser par sec = débit de resynthèse d'ATP.
- Capacité: quantité totale d'ATP resynthétisée.

# Mise en jeu des trois filières



Métab	Inertie	Puissance	Capacité
Anaé. Alac	+	++++	+
Anaé Lac	++	++	++
Aéro	++++	+	++++++

# Mise en jeu des trois filières



# Filières énergétiques

Il s'agit maintenant d'appliquer ces principes physiologiques dans la construction des entraînements.

## ANAÉROBIE

## AÉROBIE

### SAL

### SA

PAA

CAA

PAL

CAL

PMA

ENDURANCE

0-7"

8-20"

20-45"

46-90" (2')

2-8'

9-30'

MODÉRÉE

SUPRA  
MAXIMALE

MAXIMALE

TRÈS  
ÉLEVÉE

ÉLEVÉE

MOYENNEMENT  
ÉLEVÉE

31-90'

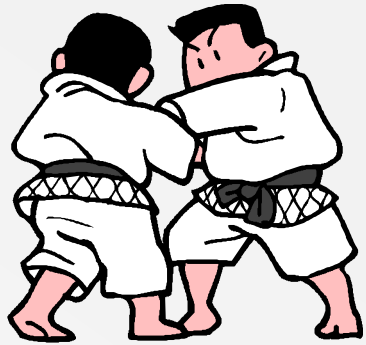
FAIBLE

91' à + hrs T. FAIBLE

Durée

Intensité

# Exemples - Judo



**SAA**

**SAL**

**PAM**

**EA**

**JUDO**

**1**

**2**

**3**

**3**

**LÉGENDE: 1 = T.I. 3 = M.I. 5 = P.I.**