

Royaume du Maroc



Ministère de l'éducation nationale du préscolaire et des  
Académie régionale de l'éducation nationale de Marrakech  
*Direction provinciale Marrakech*

# Unité 1:

# Consommation de la matière organique et flux d'énergie

2<sup>ème</sup> année du baccalauréat, Série : sciences expérimentales  
Filière : sciences physique et sciences de la vie et de la terre  
Section : internationale, option langue Française

Proposé par : Prof Khadija Zekrite

Nom de l'élève : .....

Année scolaire : 2025/2026



# Chapitre 1 : Libération de l'énergie potentielle de la matière organique au niveau cellulaire

Les cellules animales et végétales ont besoin d'énergie nécessaire aux diverses fonctions biologiques. Cette énergie est libérée à travers la dégradation des substances organiques, notamment les lipides et les glucides. Le glucose est l'exemple type.



## Questions posées

• .....

.....  
.....  
.....

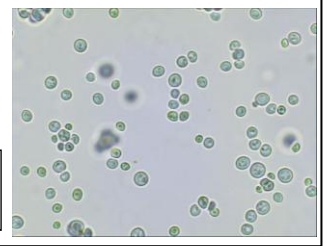
• .....

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

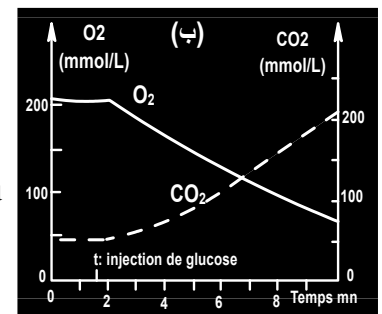
## Activité 1 Mise en évidence des réactions chimiques responsables de la libération de l'énergie potentielle de la matière organique

**Doc 1 :** La levure est un champignon unicellulaire hétérotrophe. Cette cellule extrait l'énergie nécessaire à sa croissance de la molécule du glucose. La levure est capable de vivre dans un milieu **aérobie** (avec  $O_2$ ) ou **anaérobie** (sans  $O_2$ )

Levure de bière observée au microscope optique après coloration à l'eau iodée



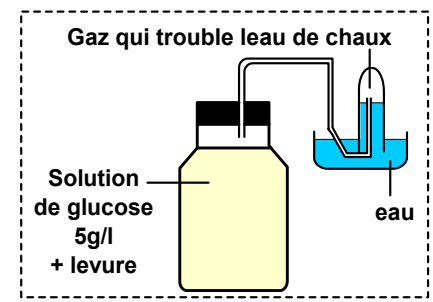
**Doc 2 :** des levures sont cultivées depuis 48 h dans un milieu de culture riche en  $O_2$  et pauvre en nutriments organiques, ce qui provoque l'épuisement des réserves cytoplasmiques. Une suspension de ces cellules, est mise dans un réacteur d'ExAO qui permet de mesurer la concentration en  $O_2$  et en  $CO_2$ . Au temps  $t_1$ , on ajoute au milieu 0,1 ml d'une solution de glucose 5 %. Le graphique ci-contre résume les résultats affichés sur l'écran de l'ordinateur. Une diminution du taux de glucose est révélée dans l'enceinte contenant la levure.



**Le matériel ExAO** (expérience assistée par ordinateur) permet de mesurer à l'aide d'un ordinateur en temps réel les variations de divers paramètres ( $CO_2$  dégagé,  $O_2$  consommé ... par un organisme ou un organisme)

**Doc 3 :** pour mettre en évidence le comportement des cellules de levure envers la matière organique dans un milieu anaérobie, on propose l'expérience suivante :

- On prépare une solution de glucose (5 g/l) contenant une suspension de cellules de levure.
- On remplit l'erlenmeyer complètement comme indiqué dans le schéma pour éliminer  $O_2$ . L'aération est alors presque nulle (milieu anaérobie).
- On laisse le dispositif 40 min, on note les résultats suivants :
  - Le gaz qui se dégage fait troubler l'eau de chaux.
  - Un alcool (éthanol) apparaît dans le milieu.
  - La concentration de glucose diminue dans l'erlenmeyer.



### Pistes d'exploitation

- 1 **Quelle hypothèse** peut-on formuler des données du doc 1 concernant la libération d'énergie par la cellule de la levure?
- 2 **Analyser** les résultats du document 2, **en déduire** la voie responsable de la libération d'énergie mise en évidence par cette expérience.
- 3 **Expliquer** les résultats obtenus dans l'expérience du document 3.
- 4 **Effectuer** une petite recherche concernant la fermentation lactique.
- 5 **Conclure** les deux voies métaboliques responsables de la libération d'énergie par la cellule

**Réponses :**

① **Hypothèse :**

② **→ Analyse du graphique du doc 3 :**

**→ Conclusion :**

③ **En absence d'O<sub>2</sub>, la cellule de levure produit l'énergie nécessaire à ses fonctions**

4 - La fermentation lactique est .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### Bilan de l'activité 1

Il existe deux voies métaboliques de dégradation du glucose des métabolites pour la production d'énergie utilisable par la cellule lui permettant toute activité :

- Une voie aérobie (présence d'O<sub>2</sub>) appelée respiration cellulaire.
- Une voie anaérobie (sans O<sub>2</sub>) appelée : fermentation (lactique : transformation du glucose en acide lactique, ou bien alcoolique : dégradation du glucose en alcool éthylique)

Mots clés :

**Métabolite** : nutriment riche en énergie exemple le glucose.

**Métabolisme** : désigne l'ensemble des réactions chimiques se déroulant dans la cellule et indispensables à la vie.

## Activité 2 : Devenir du glucose dans la cellule au cours de la fermentation et la respiration

Mise en situation problème

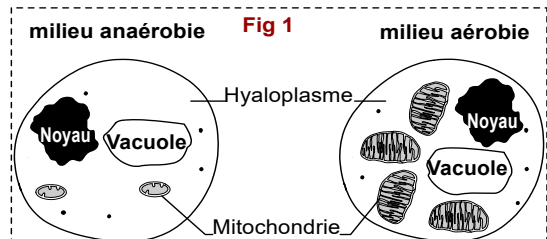
La respiration et la fermentation sont deux voies métaboliques qui permettent de libérer l'énergie emmagasinée dans les métabolites



Des cultures de levures sont réalisées en présence ou en absence d'O<sub>2</sub> dans un milieu contenant une faible quantité de glucose marqué au carbone 14.

♦ La figure 1 représente des microphotographies de la levure dans chacun des deux milieux.

♦ D'autre part, des prélèvements effectués à différents temps permettent de détecter et d'identifier les molécules radioactives présentes à différents niveaux de la cellule, le document 2 représente les résultats pour chaque prélèvement :



| Temps          | Milieu externe                    | Milieu aérobie |                | Milieu anaérobie |
|----------------|-----------------------------------|----------------|----------------|------------------|
|                |                                   | Hyaloplasme    | Mitochondrie   | Hyaloplasme      |
| T <sub>0</sub> | <b>G+++</b>                       |                |                |                  |
| T <sub>1</sub> | <b>G+</b>                         | <b>G++</b>     |                | <b>G++</b>       |
| T <sub>2</sub> | <b>G+</b>                         | <b>P++</b>     | <b>P+</b>      | <b>P+++</b>      |
| T <sub>3</sub> |                                   |                | <b>P++, K+</b> | <b>P+, E++</b>   |
| T <sub>4</sub> | <b>CO<sub>2</sub><sup>+</sup></b> |                | <b>K+++</b>    | <b>E+++</b>      |

G : glucose  
 P : acide pyruvique  
 K : acides du cycle de Krebs  
 E : alcool, éthanol  
 + concentration faible  
 ++ concentration moyenne  
 +++ concentration forte

**Figure 2 : Evolution de la radioactivité dans la cellule et dans le milieu extérieur au cours du temps**

❶ **Quelle hypothèse** peut-on formuler à partir de la comparaison des deux cellules de levure en milieu aérobie et en milieu anaérobie (Fig 1)

❷ **Repérer** au cours du temps les différents lieux de la localisation de la radioactivité et **déduire** le devenir du glucose dans la cellule au cours de la respiration et de la fermentation (Fig 2).

❸ **Représenter** sous forme d'un schémas récapitulatif simple le devenir du glucose dans la cellule au cours de la respiration et de la fermentation

Mots clés :

**Hyaloplasme = cytosol** : substance fondamentale du cytoplasme dans laquelle sont noyés les organites.

**Mitochondrie** : organite cellulaire (voir ultérieurement la structure et la fonction de cet organite)

### Activité2 : Exploitation des documents :

❶ - **Comparaison** :

.....

.....

.....

- **Hypothèse** :

.....





## Réponses :

### ① La glycolyse

### ② Description des étapes de la glycolyse :

### ③ Bilan chimique et énergétique de la glycolyse :

#### Bilan de l'activité 3

La glycolyse est une étape commune entre -----.  
Elle correspond à une série de *réactions* ----- au niveau du -----.  
La glycolyse aboutie à la dégradation d'une molécule de glucose en deux molécules -----.

La réaction fondamentale de la glycolyse est une réaction de -----  
correspondant à une réaction ----- qui nécessite la présence d'un  
accepteur d'hydrogène  $\text{NAD}^+$  (transporteur d'électrons).

Le bilan énergétique de la glycolyse se traduit par *la synthèse de* -----  
par mol de glucose oxydé.

## Activité 4 : Les mitochondries, organites clés de la respiration

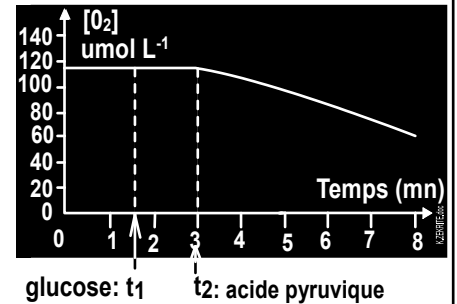
Mise en situation problème

Les mitochondries, sont indispensables pour la respiration.



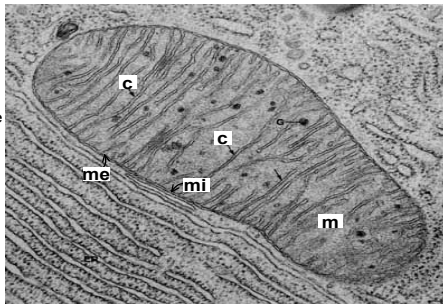
**Doc 1:** On effectue un broyage (سحق) des cellules hépatiques. Le broyat obtenu est alors centrifugé pour séparer les mitochondries des autres organites.

- On met une suspension de mitochondries dans une solution bien aérée au sein d'un dispositif ExaO muni d'une sonde pour mesurer la concentration d'O<sub>2</sub>.
- Le milieu contient une bonne quantité d'ADP + Pi.
- Au temps t<sub>1</sub>, on ajoute une faible quantité de glucose.
- Au temps t<sub>2</sub>, on ajoute de l'acide pyruvique.
- Le graphique ci-contre traduit les résultats obtenus.



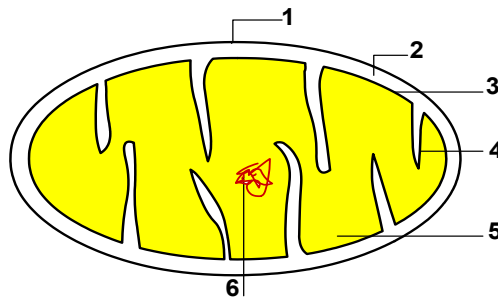
### Doc 2: Ultrastructure de la mitochondrie

a) électrographie de mitochondrie



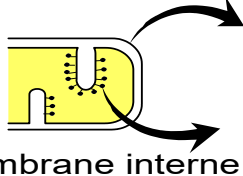
m: matrice  
c: crête  
mi: membrane interne  
me: membrane externe

b) Schéma d'une mitochondrie

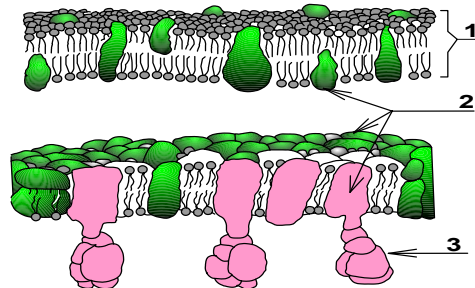


### Doc 3: Structure moléculaire des membranes de la mitochondrie

membrane externe



membrane interne



K.Zekrite.doc

### Doc 3 : Composition chimique des différentes structures de la mitochondrie

| Structure étudiée       | Particularités de la composition chimique   | Équipement enzymatique                                 |
|-------------------------|---|--|
| <b>Membrane externe</b> | Protéines (62%), Lipides (38%)  | Protéines similaires à celles de la membrane plasmique |
| <b>Membrane interne</b> | Protéine (80%), Lipides (20%)   | Nombreuses enzymes en particulier des ATP synthase     |
| <b>Matrice</b>          | Absence de glucose, présence de pyruvate, ATP, ADP, Pi, composés oxydés (R) ou réduits (RH) | Enzymes : déshydrogénases et décarboxylases            |

**ATP synthase** : protéine enzymatique qui catalyse la synthèse de l'ATP selon la réaction suivante  $ADP + Pi \rightarrow ATP$

**Décarboxylase** : une enzyme qui catalyse la décarboxylation d'un substrat, c a d qui provoque la perte d'un groupe carboxyle (COOH).

**Déshydrogénase** : Une enzyme qui oxyde un substrat par le transfert d'un ou plusieurs protons (H<sup>+</sup>) à un accepteur, généralement un coenzyme type NAD<sup>+</sup> ou FAD.

## **Pistes d'exploitation**

- ① **Que peut-on déduire** de l'analyse des résultats de l'expérience du document 1
- ② **Annoter** la figure du doc 2b et décrire l'ultrastructure et la biochimie de la mitochondrie (doc 2, 3, 4)
- ③ **Relever**, à partir des doc 3 et 4 le rôle probable de la matrice et de la membrane interne, dans la respiration cellulaire.

## **Réponses :**

### ① - Analyse du graphique :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### - Conclusion :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### ② Description de la mitochondrie :

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### ③ - **Rôle probable de la matrice et de la membrane interne, dans la respiration cellulaire.**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Activité 5 : Rôle des mitochondries dans l'oxydation respiratoire : Les réactions chimiques dans la matrice

Mise en situation problème

Bien équipée par une composition unique, la mitochondrie reçoit l'acide pyruvique issu de la glycolyse et poursuit sa dégradation afin de produire de l'énergie.

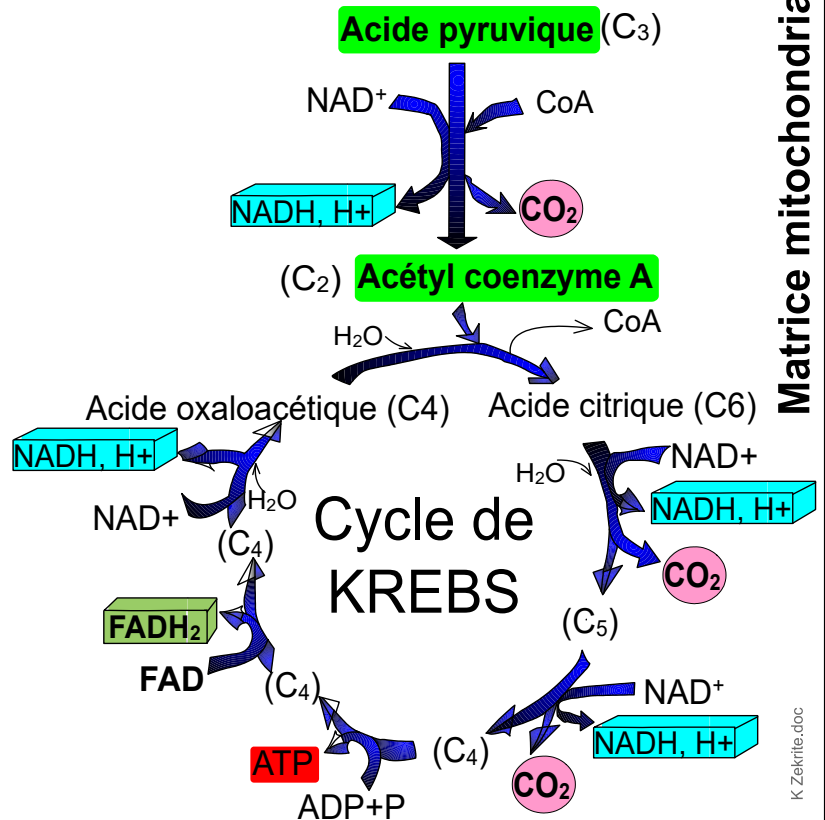


- ↳ Décrire les réactions au niveau de la matrice mitochondriale en précisant le devenir de l'acide pyruvique.
- ↳ Donner le bilan chimique et énergétique de la dégradation d'une molécule d'acide pyruvique dans la matrice

**FAD** : La Flavine adénine dinucléotide (FAD) dérive de la vitamine B<sub>2</sub>, est un coenzyme d'oxydo-réduction semblable à NAD.



### Doc 1: Dégradation de l'acide pyruvique dans la matrice



### Réponses :

↳ Description des réactions au niveau de la matrice mitochondriale et devenir de l'acide pyruvique :

Chaque molécule d'acide pyruvique, issue de la glycolyse pénètre dans la matrice mitochondriale et subit une série de réactions d'oxydation qu'on peut diviser en deux étapes :

① La première étape :

Le pyruvate subit une ----- (perte d'un carbone) ce qui libère une molécule de ----- et le pyruvate se convertit en -----

Le pyruvate subit une ----- et une -----, les protons et les électrons perdus sont captés par une molécule de NAD<sup>+</sup> qui ----- et donne NADH, H<sup>+</sup> :

-----

🌸 Le radical acétyle ( $\text{CH}_3\text{CO}$ ) se lie avec ----- pour former -----

🌸 La réaction globale de cette étape est la suivante :

② *La deuxième étape* : Les réactions du -----

🌸 L'acétyle coenzyme A entre dans le cycle de Krebs, subit une -----, en effet, il perd ses deux carbones (groupe carboxyle  $\text{COOH}$ ) qui sont libérés sous forme de -----

🌸 Les électrons fournis par l'oxydation de l'acétyle sont récupérés par ----- qui ----- en  $\text{NADH}$ ,  $\text{H}^+$  et en  $\text{FADH}_2$ .

🌸 Production d'une molécule d'ATP à partir de ----- d'ADP :

🌸 **Bilan énergétique et chimique du cycle de Krebs:**

🌸 Cette série de réactions se termine par ----- *d'acide oxaloacétique* ( $\text{C}_4$ ) nécessaire pour un nouveau cycle.

🔗 **Bilan énergétique et chimique des réactions de la matrice :**

### Bilan de l'activité 5

Les réactions de la matrice mitochondriale provoquent ----- de l'acide pyruvique avec production d'ATP pour chaque molécule d'acide pyruvique.

L'essentielle de l'énergie chimique potentielle est produite sous forme de molécules riches en énergie : -----  
Ces molécules seront ultérieurement utilisées au niveau de la membrane interne pour la production d'ATP.

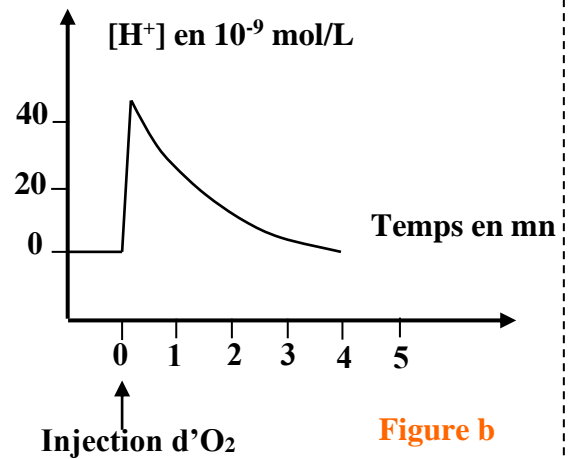
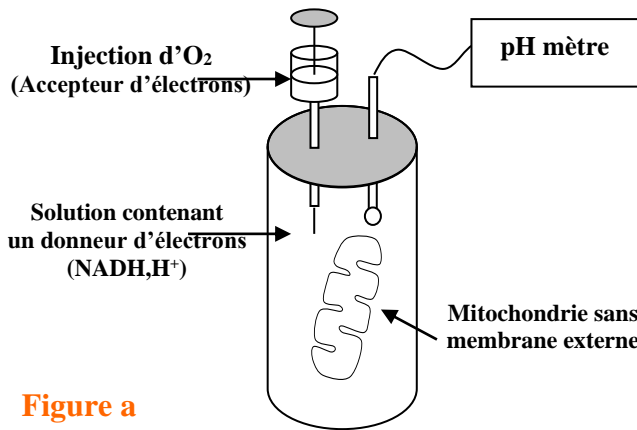
## Activité 6 : Rôle des mitochondries dans l'oxydation respiratoire : Le rôle de la membrane interne mitochondriale

La grande partie de l'énergie produite au cours de la glycolyse et le cycle de Krebs se trouve contenue dans les réducteurs NADH ; H<sup>+</sup> et le FADH<sub>2</sub>, elle sera convertie en ATP au niveau de la membrane interne de la mitochondrie.



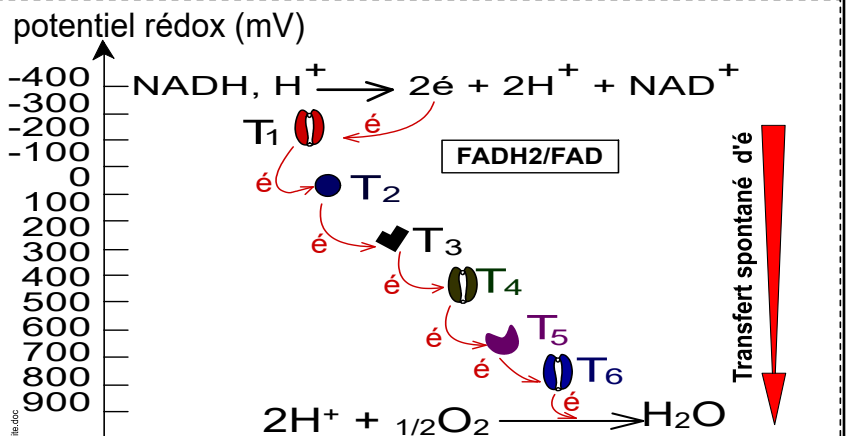
### I/ Travail de la chaine respiratoire

**Doc 1:** après élimination des membranes externes de mitochondries isolées de cellules vivantes, on les place dans une solution dépourvue du dioxygène et enrichie de donneurs d'électrons (NADH, H<sup>+</sup>). On suit la variation de la concentration des protons H<sup>+</sup> avant et après l'addition du dioxygène (O<sub>2</sub>). Les figures a et b donnent les conditions et les résultats de cette expérience.



**Doc 2:** La membrane interne mitochondriale est constituée d'un ensemble de protéines appelées chaîne respiratoire ou transporteurs d'électrons. Ces molécules se caractérisent par des valeurs de potentiel redox différentes, ce qui leur permet de céder ou capter des électrons au cours des réactions d'oxydoréduction. La figure suivante présente quelques transporteur de la chaîne respiratoire et leur potentiel redox

Potentiel redox : chaque couple redox est caractérisé par son potentiel redox qui mesure de façon relative son pouvoir réducteur ou oxydant. C'est une tension électrique.





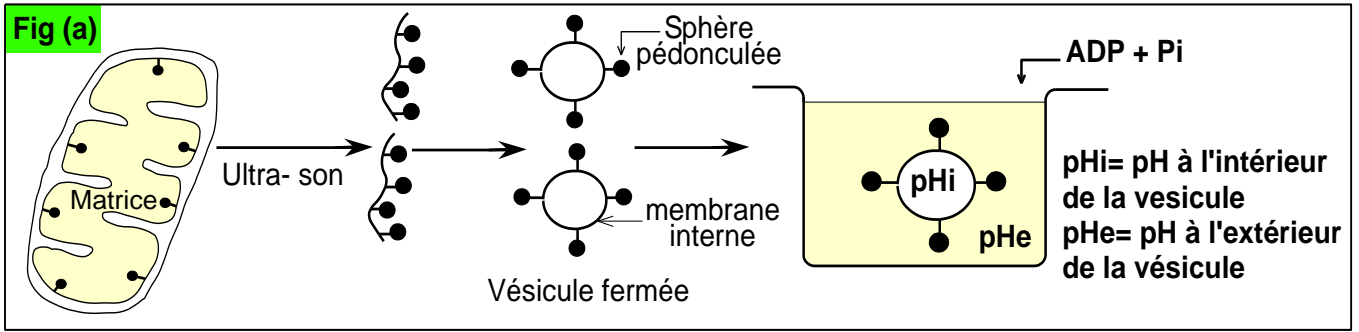
② Sens du transfert spontané des électrons :

③ Mécanisme de travail de la chaîne respiratoire :

*Remarque : En absence d'O<sub>2</sub>, accepteur final des électrons, la chaîne respiratoire s'arrête ainsi que le flux des protons vers l'espace inter membranaire.*

## II/ Rôle des sphères pédonculées

**Doc 4:** on soumet des mitochondries isolées à l'action des ultra-sons pour fragmenter leurs membranes internes et former des vésicules fermées portant des sphères pédonculées dirigées vers l'extérieur (voir figure a). On place ensuite ces vésicules dans des solutions contenant une quantité convenable d'ADP et de Pi, et qui diffèrent par leur pH ou par le port de sphères pédonculées. Le tableau de la figure b résume les conditions expérimentales ainsi que les résultats obtenus.



| <b>Fig (b)</b> | <b>Conditions expérimentale</b>                           | <b>Résultats</b>      |
|----------------|---|-----------------------|
| 1              | Vésicules complètes avec $p_{Hi} < p_{He}$                | Synthèse d'ATP        |
| 2              | Vésicules complètes avec $p_{Hi} > p_{He}$                | Pas de synthèse d'ATP |
| 3              | Vésicules complètes avec $p_{Hi} = p_{He}$                | Pas de synthèse d'ATP |
| 4              | Vésicules sans sphères pédonculées avec $p_{Hi} < p_{He}$ | Pas de synthèse d'ATP |

Le pH (potentiel Hydrogène) permet d'évaluer la concentration des ions hydrogène dans une solution. Plus  $[H^+]$  d'une solution est grande, plus la valeur du pH est faible et inversement.

- En exploitant ces résultats, **déduire** les conditions principales nécessaire à la synthèse d'ATP au niveau de la mitochondrie.
- Sachant que la membrane interne mitochondriale est imperméable au protons  $H^+$  sauf au niveau des sphères pédonculées qui joue l'équivalent d'une pompe à protons et d'ATP synthase, expliquer le rôle du gradient de protons et des sphères pédonculées dans la synthèse d'ATP.

### Réponses :

#### 1 Conditions nécessaire à la synthèse d'ATP au niveau de la mitochondrie.

La production d'ATP au niveau de la mitochondrie nécessite :

-----

-----

-----

#### 2 Rôle du gradient de protons et des sphères pédonculées dans la synthèse d'ATP :

Le gradient de protons provoque un -----des ions  $H^+$  de -----  
 ----- vers -----, ce retour se fait **uniquement** à travers -----  
 -----.

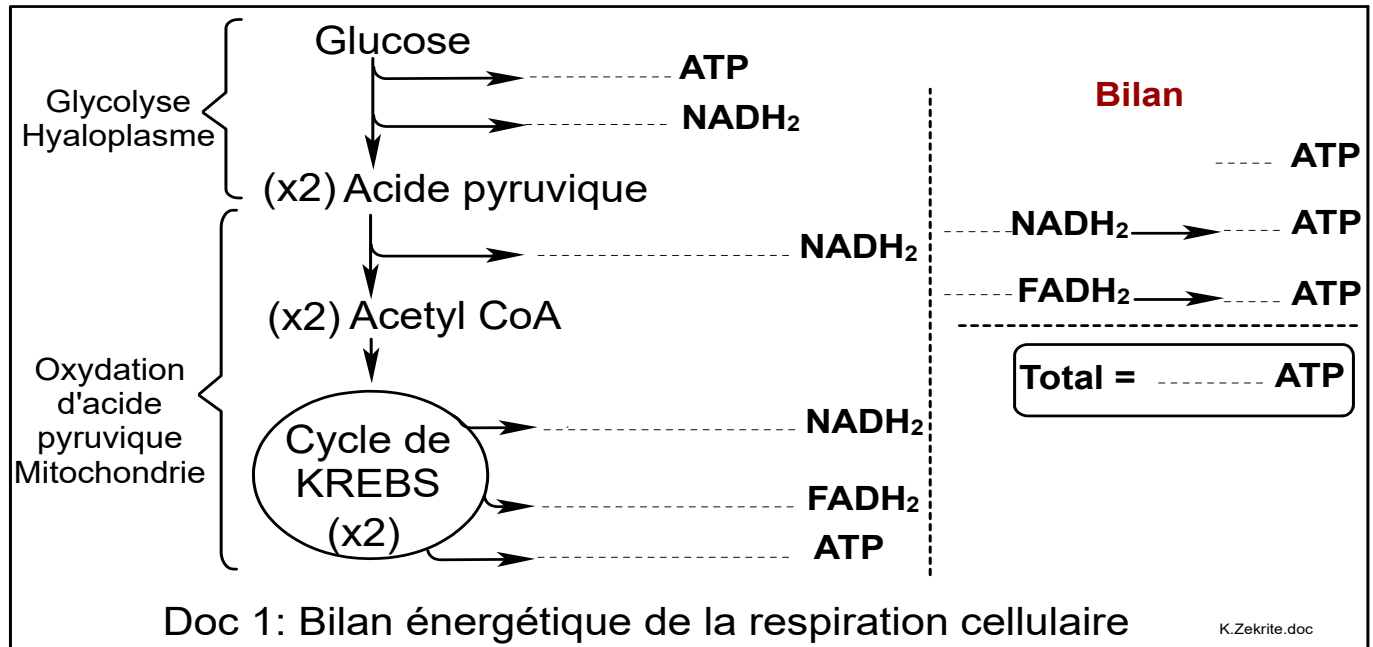
Ce passage des protons fournit l'énergie nécessaire à ----- d'ADP et la  
 formation ----- selon la réaction suivante :

-----



## Activité 7 : Bilan énergétique de la respiration cellulaire

Au cours des différentes étapes de la respiration cellulaire, la cellule gagne des molécules d'ATP :



🔗 **Calculer** le nombre total de molécules d'ATP produites par une mole de glucose au cours de la respiration cellulaire.

Le bilan de la respiration cellulaire :

-----  
-----

La respiration est une ----- du glucose qui s'accompagne de la synthèse de ----- ATP avec des résidus -----

### Remarque :

*Théoriquement, l'oxydation complète d'une molécule de glucose produit 38 ATP, mais en fait, et à l'exception des cellules cardiaques et hépatiques (du foie), les autres cellules produisent 36 molécule d'ATP seulement. En effet, les 2 molécules de NADH<sub>2</sub> formées dans l'hyaloplasme pendant la glycolyse, ne peuvent pas traverser la membrane mitochondriale, ce qui empêche leur réoxydation ainsi ils sont remplacés par 2 molécules de FADH<sub>2</sub>.*

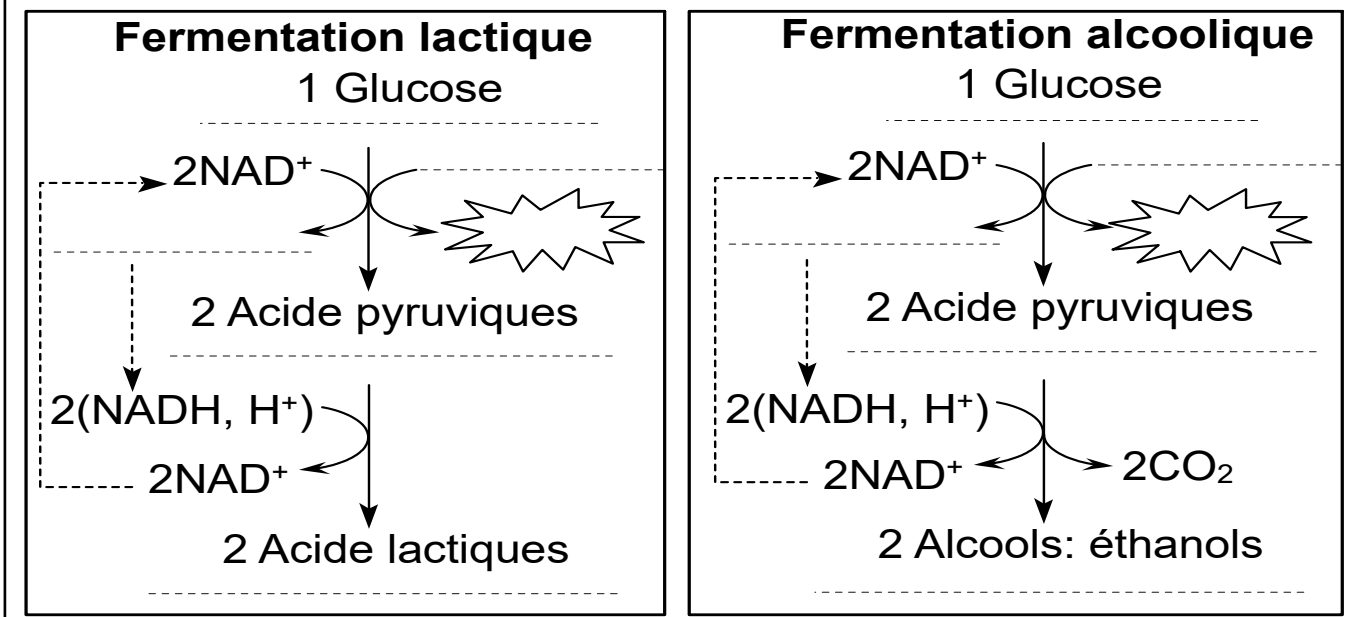
## Activité 8 : La fermentation cellulaire, une autre voie de production d'ATP : Bilan énergétique

La fermentation est une voie de production d'ATP en milieu anaérobie. Elle se déroule dans l'hyaloplasme. La fermentation comme la respiration cellulaire commence par une étape commune appelée la glycolyse qui aboutit à la formation de l'acide pyruvique.



### Doc 1 : Bilans de la fermentation lactique et de la fermentation alcoolique.

- ① **Compléter** la figure ci-dessous qui résume les étapes essentielles de la fermentation lactique et de la fermentation alcoolique.
- ② **Dégager** de la figure les caractéristiques de la fermentation lactique et alcoolique.
- ③ **Donner** le bilan chimique et énergétique de la fermentation lactique et alcoolique.  
*Quelle est l'importance de la dernière étape de la fermentation ?*



① Voir figure.

② Caractéristiques de la fermentation lactique et alcoolique :

-----

-----

-----

-----

-----

-----

### ③ Bilan chimique et énergétique de la fermentation :

#### *Fermentation alcoolique :*

---

---

#### *Fermentation lactique :*

---

---

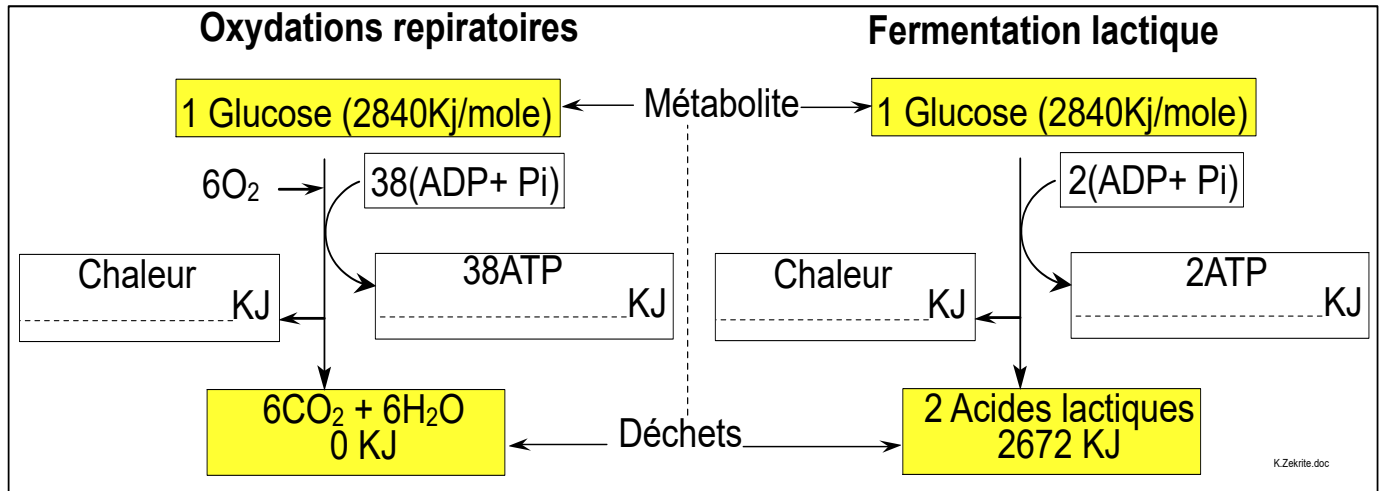
Le bilan énergétique de la fermentation est ----- **molécules d'ATP** (ceux de la glycolyse), lors de la dernière phase de la fermentation, il n'y a pas de supplément d'ATP.

L'importance de cette phase réside dans -----  
pour renouveler ----- indispensable à la continuation de la glycolyse. Il faut noter que la quantité des transporteurs d'électrons est faible dans la cellule, et que toutes ces réactions sont couplées.

## Activité 9 : Comparaison du rendement énergétique de la fermentation et de la respiration cellulaire

La respiration et la fermentation sont deux voies métaboliques de production d'énergie

### Doc 1 : Comparaison du rendement de la respiration et de la fermentation.



❶ **Calculer** l'énergie potentielle contenue dans les molécules d'ATP produites par une mole de glucose lors de la respiration et de la fermentation, **Déduire** l'énergie perdue sous forme de chaleur. Tenir compte des données suivantes :

↳ L'hydrolyse d'une mole d'ATP libère 30,5 KJ

↳ L'énergie potentielle d'une mole de glucose est de 2840 KJ.

❷ Sachant que le rendement représente le rapport entre l'énergie récupérée et l'énergie qu'il a fallu pour la produire, **calculer**, en pourcentage le rendement énergétique de la fermentation et de la respiration.

❸ **Comparer** le bilan et le rendement énergétique des deux voies métaboliques, **expliquer** la différence observée.

❹ **Comparer** sous forme d'un tableau les données des deux voies métaboliques. **Conclure**.

### Réponses

❶ Voir figure.

❷ **Rendement énergétique de la fermentation et de la respiration :**

|                                  | Fermentation | Respiration |
|----------------------------------|--------------|-------------|
| <b>Rendement énergétique R :</b> |              |             |

### ③ Comparaison du bilan et du rendement énergétique des deux voies métaboliques et explication de la différence observée

- A partir d'une molécule de glucose, la cellule synthétise, au cours de la respiration -----  
----- ATP, cependant le bilan énergétique de la fermentation est -----  
-----
- Cette différence résulte du fait que la respiration provoque *la dégradation* -----  
du glucose (déchets minéraux sans valeur énergétique) alors que la fermentation  
provoque -----, le résidu -----  
-----
- Le rendement énergétique de la respiration -----  
-----
- L'énergie potentielle est partiellement transférée à des molécules d'ATP ; tandis que le  
reste est convertie en chaleur, forme d'énergie perdue non utilisable par les cellules.

### ④ Comparaison entre la respiration et la fermentation.

| Métabolisme          | Respiration | Fermentation lactique |
|----------------------|-------------|-----------------------|
| Métabolite           |             |                       |
| Conditions           |             |                       |
| Lieu de la cellule   |             |                       |
| Résidus              |             |                       |
| Nombre d'ATP produit |             |                       |

#### Bilan

La respiration cellulaire est un phénomène cellulaire responsable de *la dégradation* -----  
----- *en présence* ----- en libérant des déchets -----  
sous forme de ----- et aboutissant à la formation d'une -----  
*quantité d'énergie* stocké dans les molécules d'ATP. La respiration cellulaire est une  
voie métabolique -----

La fermentation est un phénomène cellulaire responsable de -----  
*du glucose* ----- *d'O<sub>2</sub>* en libérant des déchets ----- et  
aboutissant à la formation d'une ----- *quantité d'énergie* stocké dans les  
molécules d'ATP. La fermentation cellulaire est une voie métabolique -----.

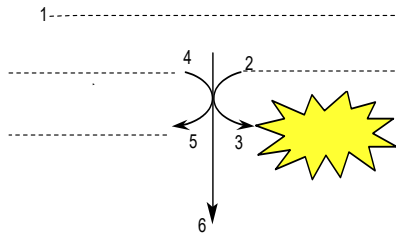
# Schémas bilan des activités

Compléter le schéma

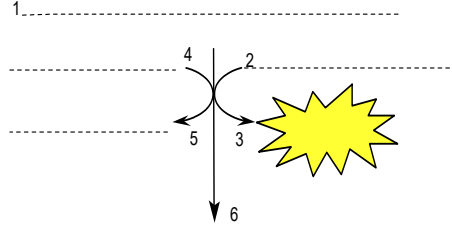
## Bilan de la consommation de la matière organique et libération de l'énergie

### Fermentation

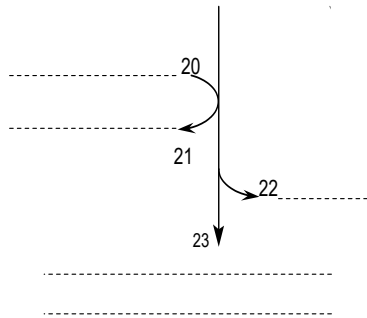
### Respiration cellulaire



**Glycolyse**

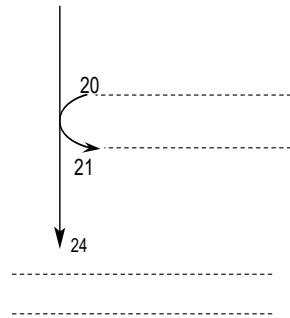


Hyaloplasme



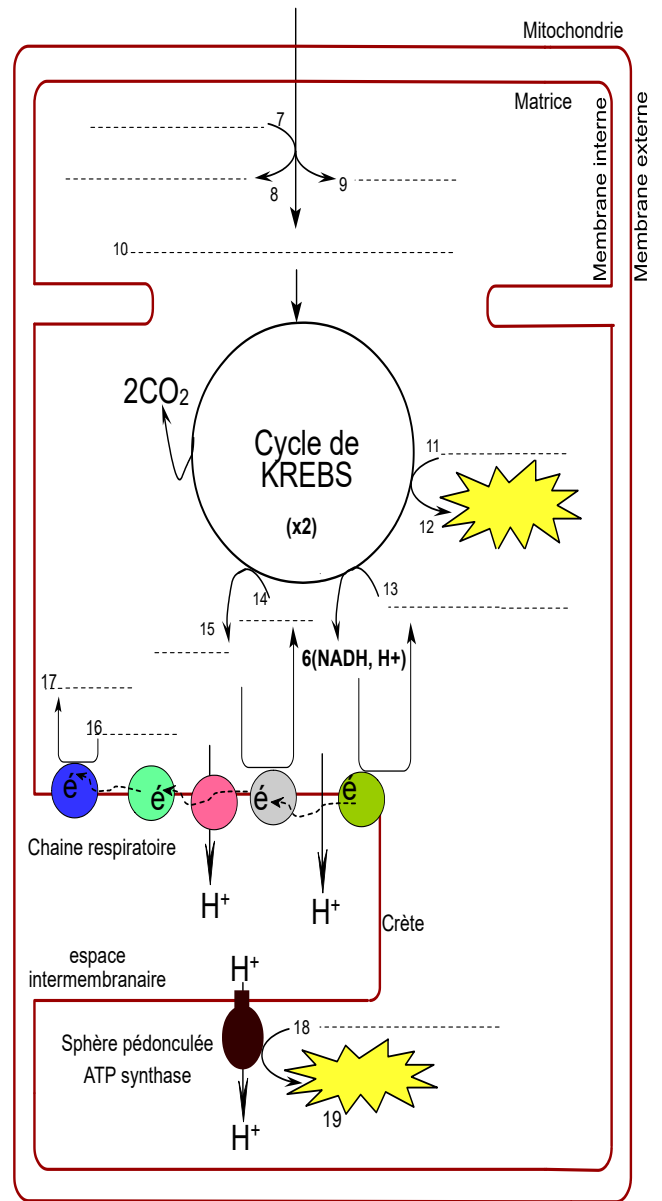
### Fermentation alcoolique

Bilan



### Fermentation lactique

Bilan



K.Zekrite.doc

Bilan

Oxydation

Oxydation

## Chapitre 2 : Le rôle du muscle squelettique dans la conversion de l'énergie

La molécule énergétique universelle dans la cellule est l'ATP. Les muscles squelettiques, constitués de cellules musculaires, se contractent et sont à l'origine du maintien de la posture et des mouvements des différentes parties du corps. Au sein des cellules musculaires il existe donc une conversion de l'énergie chimique de l'ATP en énergie mécanique.



### Questions posées

→ Activité 1 et 2.

→ Activité 3.

→ Activité 4.

→ Activité 5.

**Les muscles squelettiques striés** ont pour fonction d'assurer la motricité du corps dans son environnement, en permettant de faire bouger le squelette. Ils sont caractérisés par la présence de stries en microscopie.

## Les manifestations mécaniques de l'activité musculaire du muscle strié squelettique

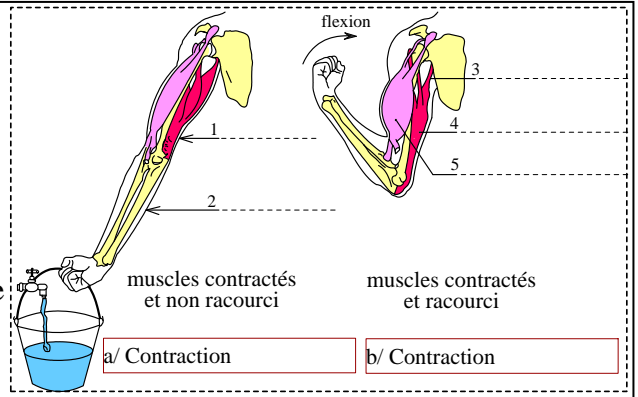
Les muscles squelettiques striés se contractent en réponse à une activité volontaire ou à une excitation externe, ainsi ils assurent la posture de l'organisme et des mouvements multiples.



### I/ Enregistrement des contractions musculaires

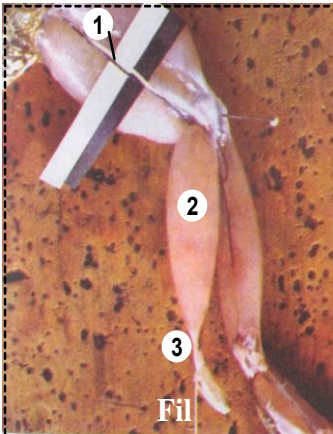
**Doc 1 :** Le muscle se caractérise par deux dimensions : la longueur et la tension. Il existe deux types de contractions :

- **Contraction isométrique** (longueur constante) : le muscle se contracte : durcit, sa tension augmente sans que sa longueur diminue. Ex muscles qui maintiennent la posture.
- **Contraction isotonique** (tension constante) : le muscle se raccourcit, durcit sans que sa tension augmente. Ex les muscles qui font un mouvement.



**Doc 2 :** Technique expérimentale d'enregistrement d'une contraction isotonique

- Une grenouille est décérébrée et déméduillée et posée sur une planchette, le genou est immobilisé.
- On dégage le nerf sciatique et le muscle Gastrocnémien (fig a).

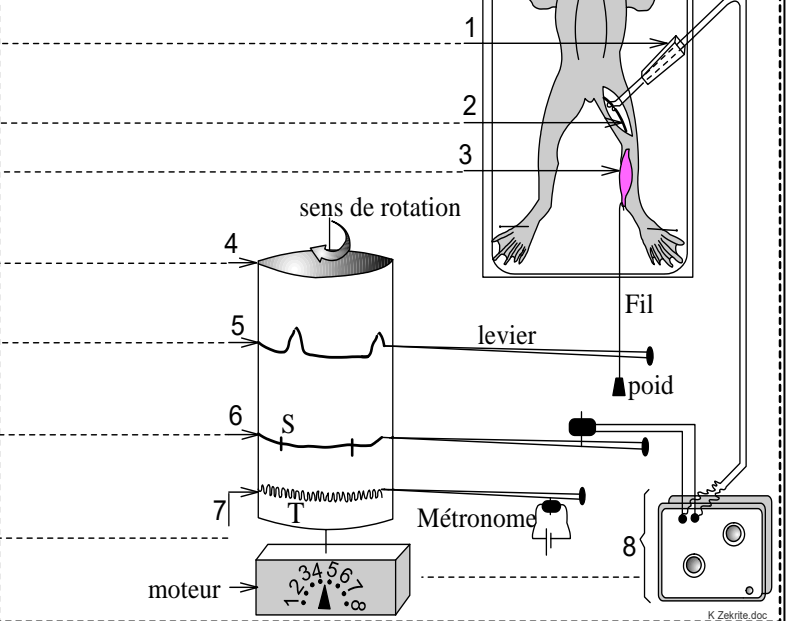


**Fig (a):** Patte de grenouille

- 1
- 2
- 3

- On sectionne le tendon inférieur du muscle et on le relie à un appareil d'enregistrement appelé myographe (fig b)
- Des électrodes excitatrices sont placées sur le nerf sciatique.

**Fig b: Dispositif expérimental pour l'enregistrement de la contraction musculaire**



- On déclenche une (ou plusieurs) excitation électrique dont l'intensité et la fréquence est réglables
- On enregistre sur le cylindre enregistreur la (les) contraction musculaire sous forme d'une secousse musculaire = myogramme

1 Annoter le schéma du document 1.

2 Annoter le schéma du document 2 et expliquer brièvement le principe d'enregistrement de la contraction musculaire.

Chez un animal décérébré et déméduillé (à qui on a détruit l'encéphale et la moelle épinière), l'ensemble des organes autres que l'encéphale demeurent en vie, le cœur bat, le sang circule. Cependant l'animal est mort.

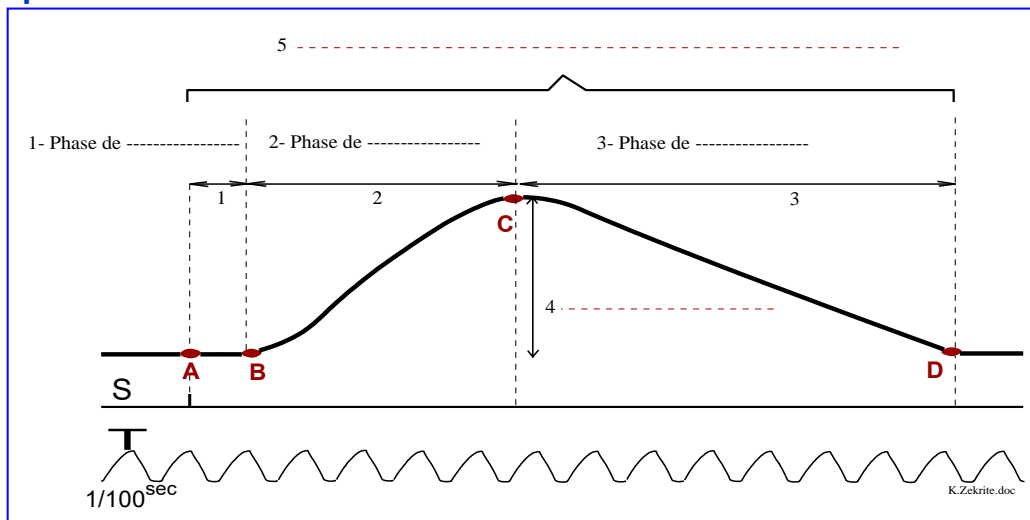
## Réponses

- ① Voir figure, à signaler, le biceps et le triceps sont deux *muscles* -----
- ② - Pour enregistrer le phénomène mécanique de la contraction musculaire on se sert d'un appareil nommé ----- . Ce dernier est constitué d'un système ----- et d'un système -----
- Pendant que le muscle reste *au repos*, le levier inscripteur marque sur le cylindre enregistreur en mouvement, -----
- Si le muscle *se contracte* et se relâche la ligne droite devient ----- qu'on nomme ----- et qui rend visible la manière dont le muscle s'est contracté.

**Remarque** : si le cylindre enregistreur n'est pas en mouvement, le myogramme est réduit à -----

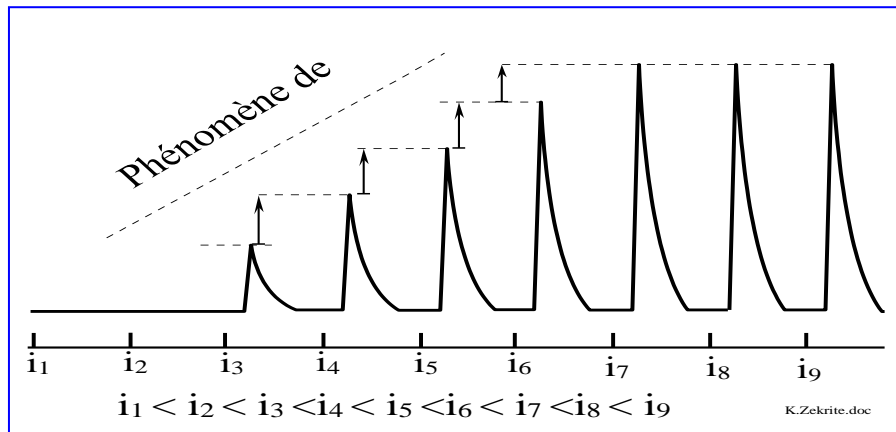
## II/ Les enregistrements de la contraction musculaires

### 1/ Réponse du muscle à une seule excitation efficace



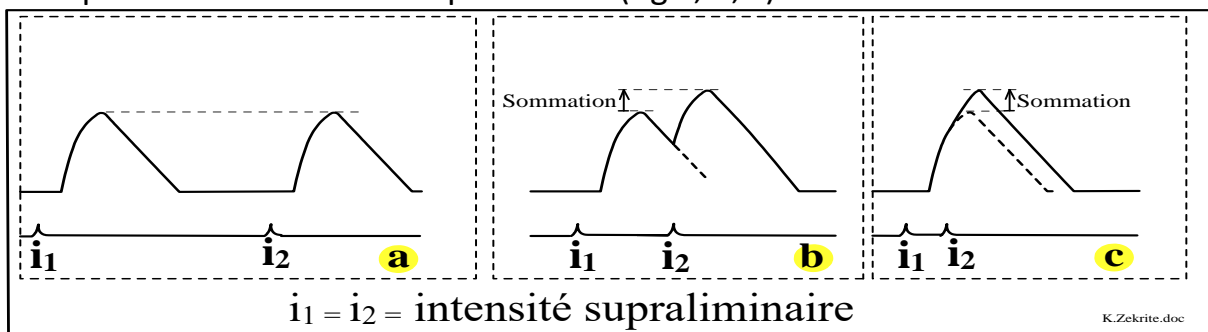
## 2/ Réponse du muscle à des excitations éloignées d'intensité croissante.

On excite le muscle par des excitations d'intensité croissantes espacées dans le temps de façon que chacune d'elle atteigne le muscle après son relâchement.



## 3/ Réponse du muscle à deux excitations successives de même intensité.

On excite le muscle par deux excitations efficaces successives de même intensité (115mv) séparées par un intervalle de temps variable (fig a, b, c).



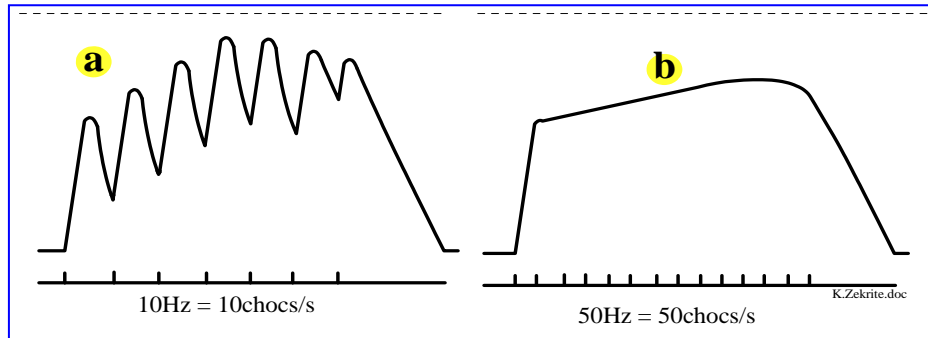
Lorsqu'on soumet le muscle à deux excitations efficaces successives, on obtient :

- Si la deuxième excitation atteint le muscle pendant la phase de latence, le muscle ne répond pas à la deuxième excitation

**4/ Réponse du muscle à une série d'excitations identiques de fréquence variable.**

On excite le muscle par une séries d'excitations efficaces de même intensité (500mv) avec un rythme variable :

- chaque excitation arrive au muscle pendant la phase de relâchement de la secousse précédente (Fig a)
- chaque excitation arrive au muscle pendant la phase de contraction de la secousse précédente (Fig b)



Lorsqu'on soumet le muscle à des excitations répétées de même intensité, il -----, on dit que le muscle est -----, en effet on obtient :

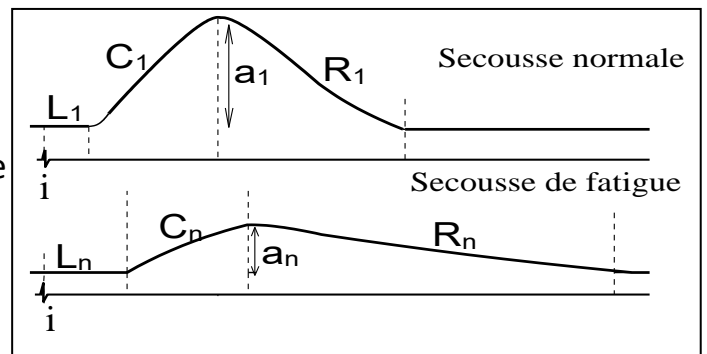
-----

-----

-----

**5/ Fatigue musculaire**

On excite le muscle par plusieurs excitations de grande fréquence, la figure suivante représente la première secousse normale et la dernière secousse (secousse de fatigue)



Quand un muscle subit un grand nombre d'excitations successives, il -----, on dit que le muscle est -----

La fatigue musculaire se manifeste par :

-----

-----

-----

**Bilan**

Le muscle squelettique strié est caractérisé par les caractéristiques suivantes : -----

-----

## Les manifestations thermiques de la contraction musculaire

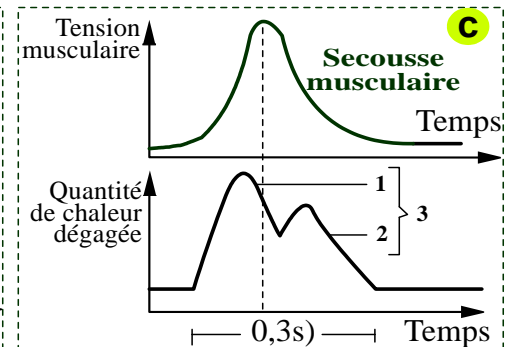
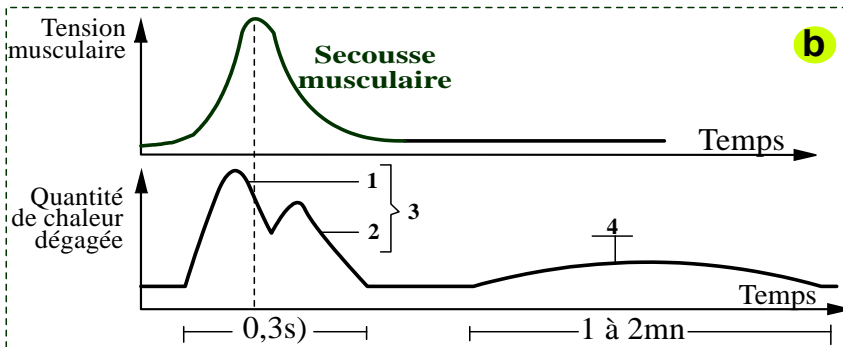
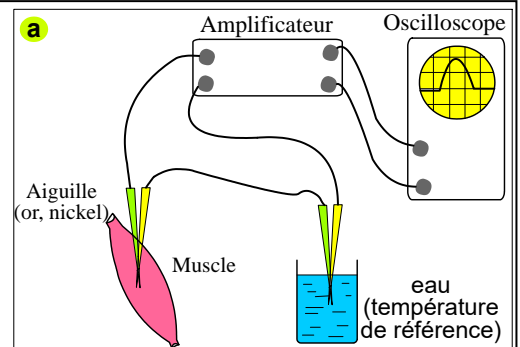
En plus des phénomènes mécaniques, la contraction musculaire s'accompagne de phénomènes thermiques.



**Doc 1 :** Fig (a) Montage expérimental pour mesurer le dégagement de chaleur.

Fig (b) dégagement de chaleur par un muscle placé dans un milieu riche en oxygène.

Fig (c) dégagement de chaleur par un muscle placé dans un milieu pauvre en oxygène.



❶ **Dégager**, de la fig (b) les types de chaleur dégagés par le muscle en activité mis dans un milieu aérobie, **décrire** les caractéristiques de chacune d'elle.

❷ **Comparer** le dégagement de chaleur par le muscle en milieu aérobie et anaérobie (fig b et c). **Que peut-on déduire** en ce concerne l'origine des chaleurs produites.

### Réponses

❶ **Au cours d'une activité musculaire, le muscle dégage la chaleur** .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

❷ **Comparaison du dégagement de la chaleur par le muscle en milieu aérobie et en milieu anaérobie et déduction :**

.....

.....

*Remarque : Seule une portion de l'énergie libérée par la contraction musculaire est convertie en travail utile le reste est transformé en chaleur, ce qui doit être pris en compte dans le maintien de la température de l'organisme.*



## II/ Ultrastructure de la fibre musculaire

### Doc 2 : Ultrastructure de la fibre musculaire : Observation au microscope électronique

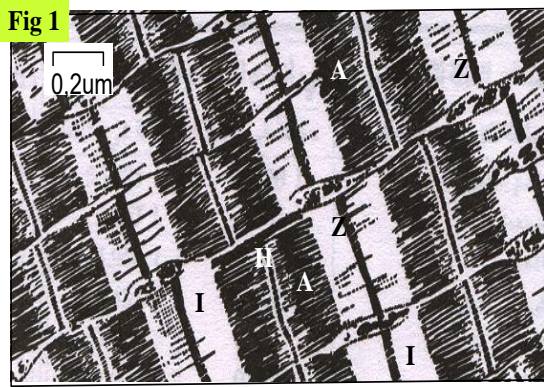


Fig 1  
Coupe longitudinale de la fibres musculaires observées au microscope électronique

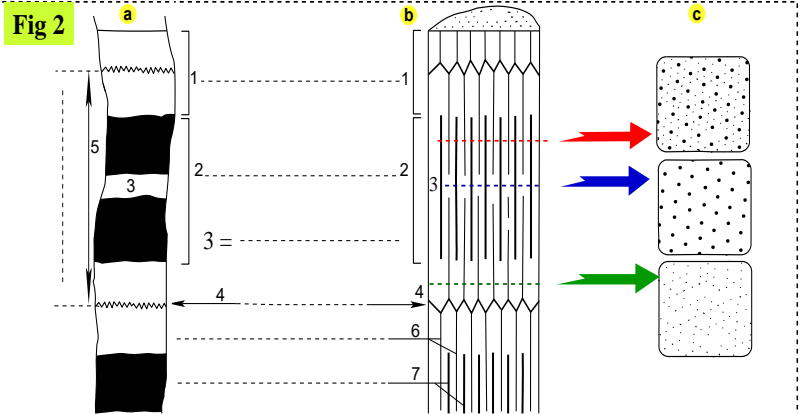


Fig 2  
Coupe schématique longitudinale d'une myofibrille (a) et (b)  
Coupe schématique transversale d'une myofibrille (c)

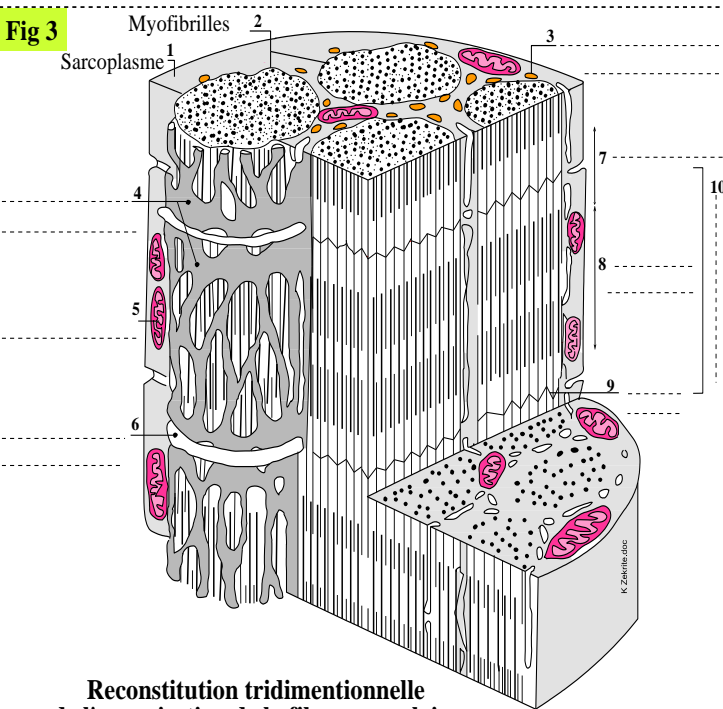


Fig 3  
Reconstitution tridimensionnelle de l'organisation de la fibre musculaire

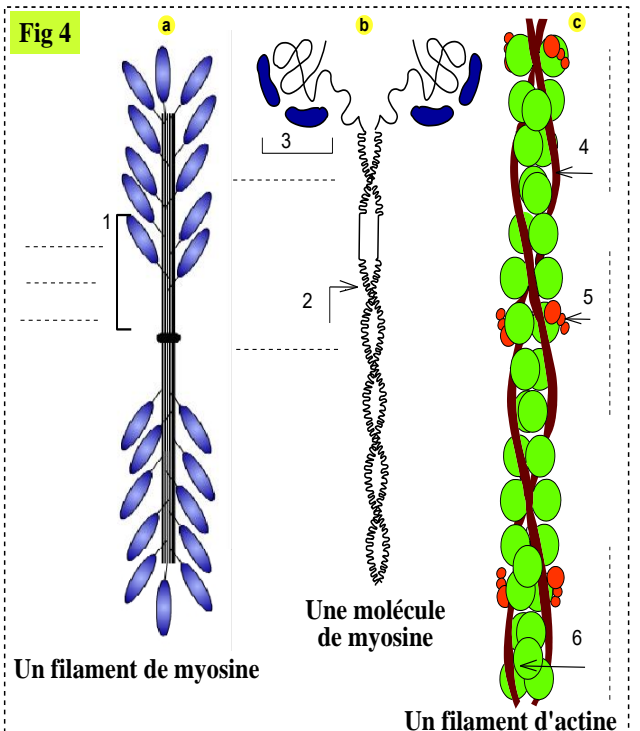


Fig 4  
Un filament de myosine

Une molécule de myosine

Un filament d'actine

👉 **Annoter** les différentes figures.

👉 **Décrire** la structure du muscle de l'échelle de la fibre musculaire à l'échelle moléculaire.

### Réponses :

Description de la structure du muscle de l'échelle de la fibre musculaire à l'échelle moléculaire :

---



---



---



---



---

A series of horizontal dashed lines for handwriting practice, spanning the width of the page.

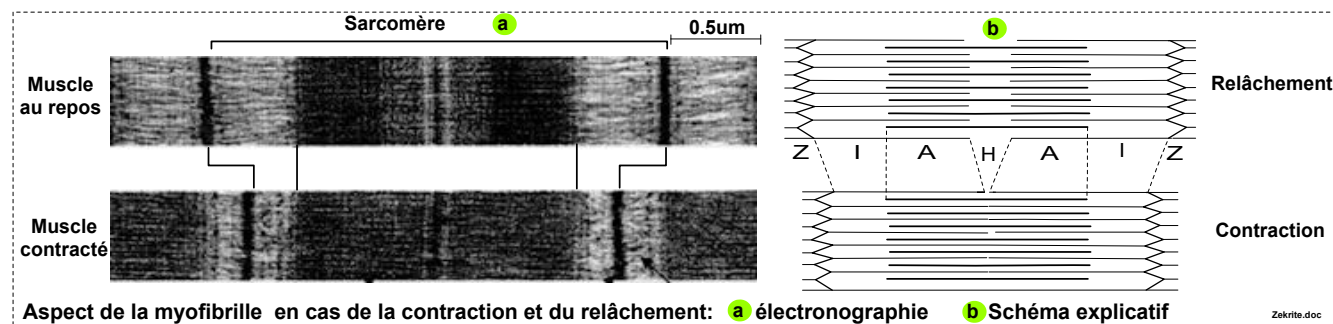
## Mécanisme de la contraction musculaire

La fibre musculaire est constituée de la répétition de sarcomères constituées essentiellement d'actine et de myosine. La contractibilité du muscle serait la résultante du raccourcissement des sarcomères.



### I/ Aspects et conditions de la contraction musculaire

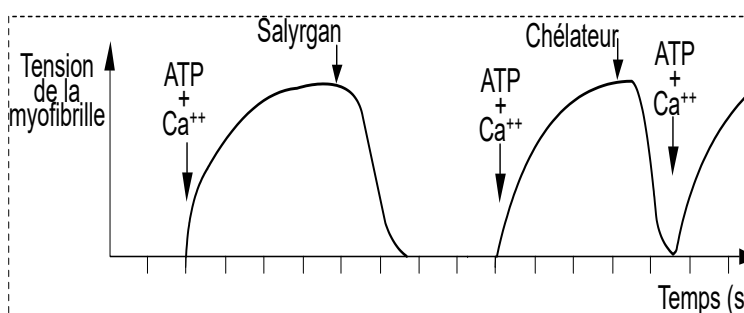
#### Doc 1 : Aspects de la contraction musculaire



#### Doc 2 : Besoins de la contraction musculaire

Des fibres musculaires isolées sont mis dans un montage qui permet de déterminer leur force de contraction (tension) dans différentes conditions :

- **Expérience a** : en présence ou en absence de salyrgan : poison qui bloque l'hydrolyse de l'ATP.
  - **Expérience b** : en présence ou en absence d'un chélateur de calcium : substance qui se fixe sur le calcium et empêche son action
- Les résultats des expériences sont présentées ci-contre.



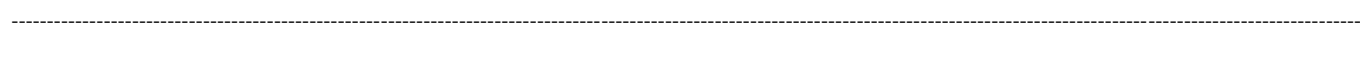
#### Doc 3 : Rôle des ions calcium dans la contraction musculaire

Lorsque le muscle est au repos, la tropomyosine (liée à la troponine) cache le site de fixation de la tête de myosine sur l'actine. Lors d'une excitation efficace, les ions  $Ca^{++}$  se libèrent du réticulum endoplasmique de la fibre musculaire. Une fois libres dans le sarcoplasme musculaire, ces ions  $Ca^{++}$ , se fixent sur la troponine celle-ci change de conformation et déplace la tropomyosine, ce qui libère le site de fixation des têtes de myosine, un complexe acto-myosine (pont) se forme alors.

- 1 **Comparer** l'aspect des sarcomères au repos et en état de contraction (doc 1), **comment expliquer** cette modification de structure.
- 2 En exploitant le doc 2, **conclure** les exigences de la contraction musculaire.
- 3 **Résumer à partir** du doc 3 le rôle des ions dans la formation des ponts acto-myosine.

#### Réponses

- 1 Comparaison entre un sarcomère contracté et un sarcomère au repos montre que la contraction se traduit par :



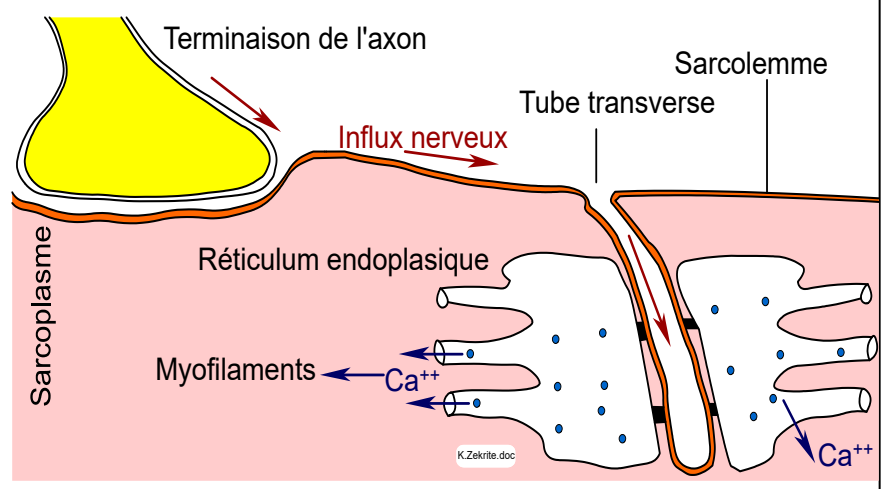
② La contraction musculaire nécessite

③ Les ions  $\text{Ca}^{++}$

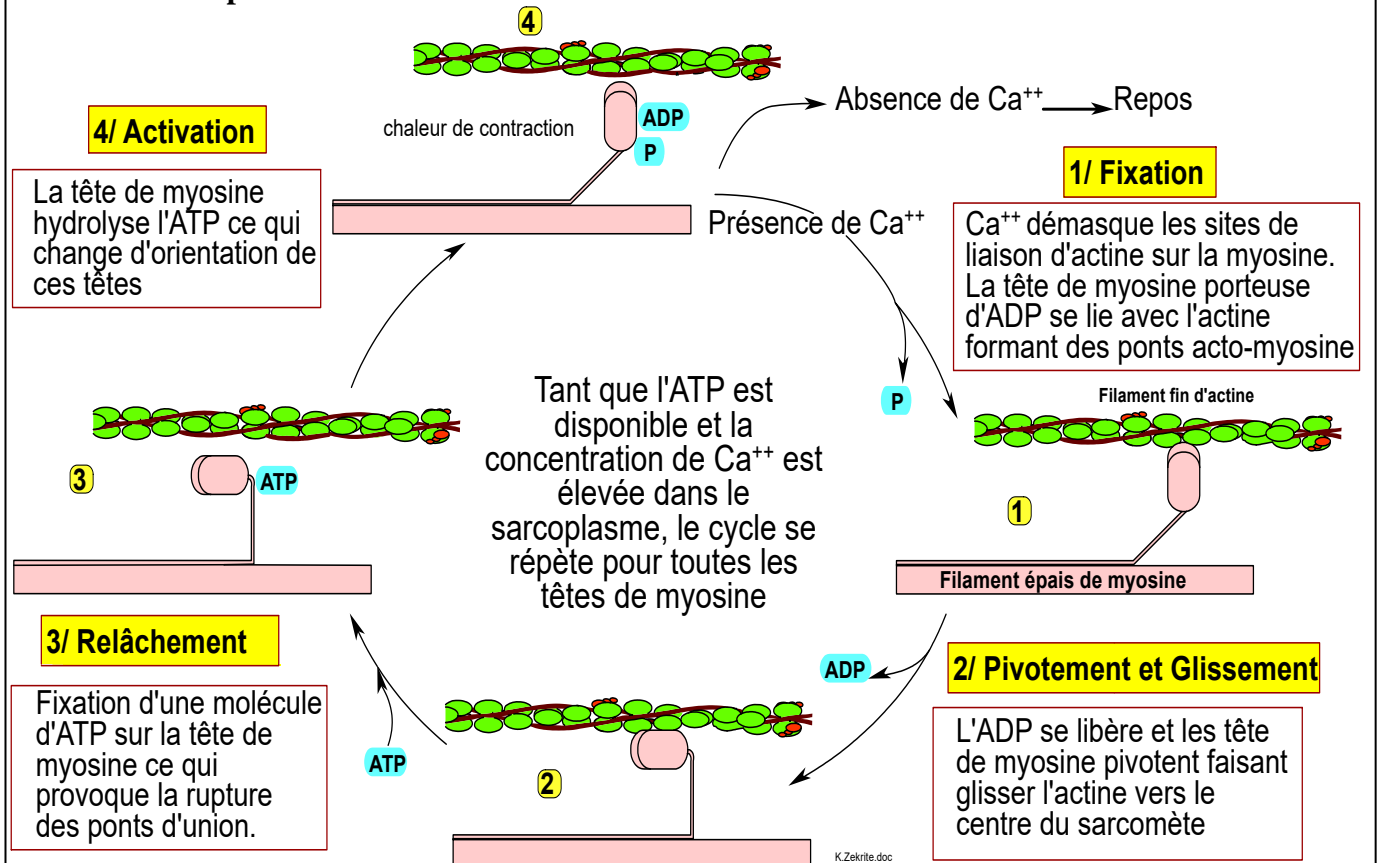
## II/ Mécanisme de la contraction musculaire

↪ En exploitant les doc 3 et 4, **élaborer un texte** simple décrivant le mécanisme de la contraction musculaire suite à l'arrivée d'un influx nerveux et **montrer** le rôle du muscle dans la conversion de l'énergie chimique en énergie mécanique.

Doc 3 : Relation entre l'influx nerveux et la libération de  $\text{Ca}^{++}$



Doc 4 : Les étapes de la contraction musculaire





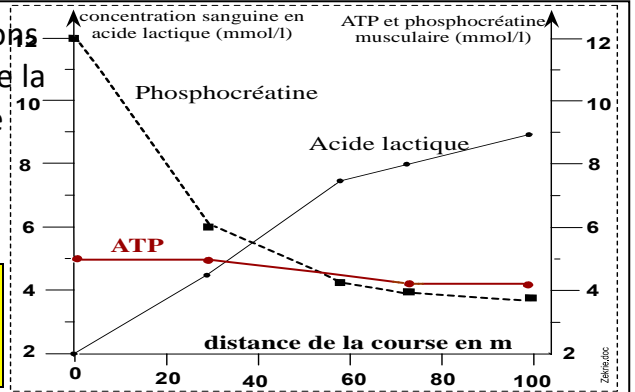
## Renouvellement de l'ATP au cours de la contraction musculaire

Dans un muscle, les réserves en ATP sont faibles : 5mmol/kg de muscle. Ces réserves peuvent être épuisées après une contraction de quelques secondes. La régénération de l'ATP est donc obligatoire



**Doc 1 :** Chez un coureur, on mesure les concentrations musculaires en ATP et en phosphocréatines, ainsi que la concentration sanguine en acide lactique, lors d'une course rapide (100m). le graphique suivant traduit les résultats obtenus.

La phosphocréatine est un dérivé phosphorylé de la Créatine servant au stockage de l'énergie dans le muscle.



**Doc 2: Evolution de quelques paramètres musculaire avant et après un effort physique de longue durée**

| Mesures (en 1heure par kg du muscle) | Volume du sang traversant le muscle | Volume d'O <sub>2</sub> utilisé par le muscle | Volume de CO <sub>2</sub> rejeté par le muscle | Quantité de glucose utilisé par le muscle | Quantité de glycogène stockée dans le muscle |
|--------------------------------------|-------------------------------------|---|--|---|--|
| Muscle au repos                      | 12,22L                              | 0,30L   | 0,22L  | 2,04g                                     | 1,08g  |
| Muscle en activité                   | 56,32L                              | 5,20L   | 5,95L  | 8,43g                                     | 0,80g  |

**Doc 3: Les sources d'énergie au cours des exercices physiques de courte et de longue durée**

| Exercice de courte durée                   |   |  |                   | Exercice de longue durée          |  |
|--|---|--|-------------------|-----------------------------------|--|
|  |   |  |                   |                                   |  |
| 6 secondes                                 | 10 secondes   | 30 à 40 secondes                             | Fin de l'exercice | heures                            |  |
| Utilisation de l'ATP stocké dans le muscle | Synthèse d'ATP à partir de la phosphocréatine et de l'ADP | Production d'ATP par voie anaérobie lactique |                   | Production d'ATP par voie aérobie |  |

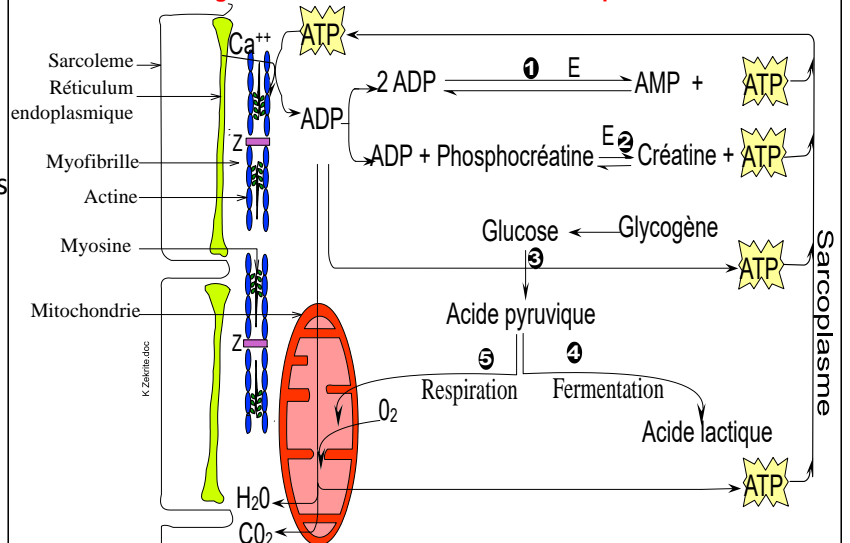
1 A partir de l'analyse du document 1, **montrer** que le muscle régénère son contenu en ATP et **dégager** les voies de ce renouvellement.

2 **Comparer** l'évolution des différents paramètres musculaires au repos et après l'activité musculaire. Que peut-on en **déduire** ?

3 Utiliser le doc 3 pour **retrouver** la chronologie des ressources d'ATP au cours des activités musculaires.

4 En exploitant toutes les données précédentes et le doc 4, **rédigier un texte** bilan expliquant les différentes voies de régénération d'ATP.

**Doc 4: Voies de régénération de l'ATP et son utilisation par le muscle**



## Réponses

### ① - Analyse du doc 1 :

### ② Comparaison de l'évolution des différents paramètres musculaires au repos et après l'activité musculaire:

- Déduction :

### ③ Chronologie des ressources d'ATP au cours des activités musculaires :

### ④ Bilan : Le renouvellement de l'ATP dans le muscle s'effectue par 3 voies :

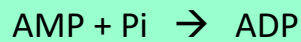
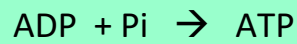


رجاء لا تنسوني من صالح دعائكم





Réactions de phosphorylation :

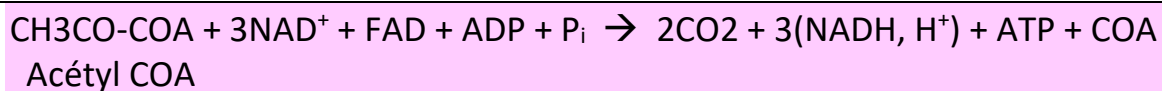


**ATP synthase** : protéine enzymatique qui catalyse la synthèse de l'ATP selon la réaction suivante  $\text{ADP} + \text{P}_i \rightarrow \text{ATP}$

**Décarboxylase** : une enzyme qui catalyse la décarboxylation d'un substrat, c a d qui provoque la perte d'un groupe carboxyle (COOH).

**Déshydrogénase** : Une enzyme qui oxyde un substrat par le transfert d'un ou plusieurs protons ( $\text{H}^+$ ) à un accepteur, généralement un coenzyme type  $\text{NAD}^+$  ou  $\text{FAD}$ .

**Cycle de Krebs** : est une succession de réactions cycliques d'oxydoréduction catalysées par des enzymes spécifiques (décarboxylases et déshydrogénases ...) qui s'effectuent dans la matrice mitochondriale, au cours de ces réactions chaque radical d'acétyl ( $\text{CH}_3\text{CO}-$ ) subit une dégradation totale et se convertit en  $\text{CO}_2$  (déchet minéral de la respiration). La réaction globale du cycle de KREBS est

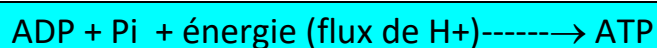


**Chaîne respiratoire** ou chaîne de transport d'électrons, elle correspond à un ensemble de complexes protéiques se localisant au niveau de la membrane interne mitochondriale. Elle permet le transport d'électrons provenant de coenzymes réduits:  $\text{NADH}, \text{H}^+$  et  $\text{FADH}_2$ . Ces électrons transitent le long de la chaîne par étape jusqu'à un accepteur final, le dioxygène. Les complexes protéiques de la chaîne utilisent l'énergie fournie lors du transfert des électrons pour pomper des protons ( $\text{H}^+$ ) à travers la membrane, créant ainsi un gradient électrochimique de part et d'autre la membrane interne des mitochondries. Chaque mitochondrie contient des milliers d'exemplaires de la chaîne de transport d'électrons.

**Potentiel redox** : chaque couple redox est Caractérisé par son potentiel redox qui mesure de façon relative son pouvoir réducteur ou oxydant. C'est une tension électrique.

**gradient de concentration** : C'est la différence de concentration d'un composé chimique ou d'un ion d'un côté à l'autre d'une membrane. Le gradient de concentration est indispensable à la cellule. La cellule utilise beaucoup d'énergie afin de maintenir ce gradient de concentration et ne parvient jamais à atteindre l'équilibre. C'est le passage des ions  $\text{H}^+$  dans les mitochondries qui va permettre la synthèse d'ATP.

**Phosphorylation oxydative = oxydation phophorylante** : C'est une série de réactions chimiques qui nécessite l'oxygène comme accepteur final des é et qui s'effectuent au niveau de la membrane interne mitochondriale par l'intervention de la chaine respiratoire et des sphères pédonculées. Cette série de réaction débute par l'oxydation des transporteurs ( $\text{NADH}, \text{H}^+$  et  $\text{FADH}_2$ ) et se termine par la phosphorylation de l'ADP (synthèse d'ATP)



L'oxydation d'une mole de NADH, H<sup>+</sup> donne l'énergie nécessaire à la synthèse de 3 moles d'ATP. L'oxydation d'une mole de FADH<sub>2</sub> donne l'énergie nécessaire à la synthèse de 2 moles d'ATP.

**Sphères pédonculées mitochondriales**: sont des structures qui contiennent l'ATP synthétase qui est une enzyme permettant la synthèse de l'ATP (la phosphorylation de l'ADP en ATP) Elles se situent au niveau des crêtes mitochondriales plus précisément au niveau de la membrane mitochondriale interne.

**Rendement énergétique** : représente le rapport entre l'énergie récupérée et l'énergie qu'il a fallu pour la produire

$$\text{Rendement énergétique R}$$
$$R = \frac{\text{énergie produite}}{\text{énergie utilisée}} \times 100$$

**Muscles squelettiques striés** représentent une des deux sortes de muscle strié (l'autre étant le muscle cardiaque). Ils ont pour fonction d'assurer la motricité du corps dans son environnement, en permettant de faire bouger le squelette de manière volontaire ou involontaire. Ils sont caractérisés par la présence de stries en microscopie.

**Contraction musculaire** : Mouvement relatif des filaments d'actine et de myosine. La contraction musculaire correspond à un raccourcissement des sarcomères dû au glissement relatif des filaments d'actine et de myosine : les deux disques Z délimitant un sarcomère se rapprochent l'un de l'autre.

**Contraction musculaire isométrique** (longueur constante) : le muscle se contracte : durcit, sa tension augmente sans que sa longueur diminue. Ex muscles qui maintiennent la posture.

**Contraction musculaire isotonique** (tension constante) : le muscle se raccourcit, durcit sans que sa tension augmente. Ex les muscles qui font un mouvement.

**Animal décérébré et démedulé** : animal à qui on a détruit l'encéphale et la moelle épinière, suite à cette expérience, l'ensemble des organes autres que l'encéphale demeurent en vie, le cœur bat, le sang circule. Cependant l'animal est mort.

**Myographe** : Appareil qui sert à enregistrer le phénomène mécanique de la contraction musculaire.

**Myogramme = secousse musculaire** : Réponse mécanique d'un muscle après une excitation efficace. Suite à une seule excitation efficace, on enregistre une secousse musculaire isolée composée de trois étapes : **une phase de latence**, qui correspond à la durée entre le moment de l'excitation et le moment du début de la réponse, c'est le temps nécessaire à l'arrivée de l'influx nerveux au muscle, **la phase de contraction**, c'est l'intervalle de temps entre le début du raccourcissement (ou de l'augmentation de la tension) et le maximum de raccourcissement et **la phase de relâchement**, au cours de laquelle le muscle reprend ses dimensions initiales, sa durée est légèrement supérieure à celle de la contraction.

**Seuil d'excitation = rhéobase**: est l'intensité minimale de courant excitant qui permet de déclencher une réponse, en appliquant la définition aux cellules musculaires striées, on peut considérer que la rhéobase est le courant électrique minimal requis pour faire contracter artificiellement un muscle.

**Recrutement** : phénomène musculaire qui se traduit par l'augmentation de l'amplitude de la secousse musculaire en fonction de l'intensité de l'excitation. Il s'explique par l'augmentation du nombre des fibres musculaires intervenant lorsqu'on augmente l'intensité des excitations.

**Fusion incomplète**: C'est une sommation partielle de deux secousses musculaires, on obtient cette réponse lorsqu'on soumet le muscle à deux excitations efficaces successives de façon que la deuxième excitation atteint le muscle pendant la phase de relâchement, le relâchement ne se termine pas, le muscle se contracte de nouveau, l'amplitude de la deuxième secousse est généralement plus élevée, même si l'intensité de la deuxième excitation est égale à celle de la première.

**Fusion complète**: C'est une sommation totale de deux secousses musculaires, on obtient cette réponse lorsqu'on soumet le muscle à deux excitations efficaces successives de façon que la deuxième excitation atteint le muscle pendant la phase de contraction, on obtient une seule secousse avec une amplitude généralement plus forte que celle d'une secousse isolée même si l'intensité de la deuxième excitation est égale à celle de la première.

**Tétanos imparfait** : C'est une sommation partielle de plusieurs secousses musculaires, on obtient cette réponse lorsqu'on soumet le muscle à des excitations répétées de manière à ce que chacune atteigne le muscle pendant la phase de relâchement, le tracé enregistré s'élève en ligne sinueuse, décrit un plateau et retombe quand on arrête les excitations ou quand le muscle est fatigué. Il se produit une sommation des secousses musculaire avec fusion incomplète des secousses élémentaires

**Tétanos parfait** : C'est une sommation totale de plusieurs secousses musculaires, on obtient cette réponse lorsqu'on soumet le muscle à des excitations répétées plus rapprochées de manière à ce que chacune atteigne le muscle pendant la phase de contraction, le muscle reste contracté durant toute la durée des excitations, le relâchement est requis lorsqu'on arrête les excitations.

**Fatigue musculaire** : C'est un état de fatigue qui surgit quand un muscle subit un grand nombre d'excitations successives, l'amplitude de la réponse diminue, la durée des différentes phases de la secousse augmente. Ce sont les signes de la fatigue musculaire.

**Thermographie** : c'est une technique d'enregistrement de la chaleur émise par le corps lors d'un effort musculaire. Cette chaleur se propage sous forme de rayons infrarouges qui peuvent être enregistrés par des appareils appropriés. La couleur rouge indique les zones qui dégagent la plus grande quantité de chaleur.

**Chaleur initiale** : C'est une émission de chaleur libérée par le muscle au cours de la secousse musculaire, elle se caractérise par une courte durée mais une grande quantité, une partie est libérée au cours de la phase de contraction et l'autre partie au cours de la phase de relâchement. Elle résulte des réactions chimiques anaérobies (Hydrolyse d'ATP au cours de la contraction, réactions anaérobiques de régénération d'ATP dans la fibre musculaire par la réaction d'hydrolyse de la phosphocréatine, la réaction entre deux molécule d'ADP et la fermentation lactique).

**Chaleur retardée** : C'est une émission de chaleur libérée par le muscle après la secousse musculaire, elle se caractérise par une faible intensité, mais elle dure plus longtemps. Elle

résulte des réactions chimiques aérobies (réactions aérobiques de régénération d'ATP : la respiration cellulaire)

**Fibre musculaire :** est une cellule musculaire géante qui possède plusieurs noyaux disposés en périphérie. Le cytoplasme de la fibre appelé sarcoplasme est occupé presque totalement par des myofibrilles (fibrilles musculaires) s'étendant sur toute la longueur de la fibre, ce qui donne à la fibre une striation longitudinale. La fibre musculaire présente une striation transversale très caractéristique qui est à l'origine du nom « muscle strié squelettique » que l'on donne aux muscles rattachés au os et responsables des mouvements.

**Myofibrilles** sont les fibres contractiles localisées à l'intérieur de la cellule musculaire (la fibre musculaire), elles sont composés de deux sortes de myofilaments protéiques: des myofilament fins d'actine et des myofilaments plus épais de myosine. Une myofibrille fait apparaître une alternance de zones plus claires constituée de myofilaments d'actine uniquement et des zones plus sombres constituées de myofilaments d'actine et de myosine.

**Myofilament d'actine**, ou microfilament d'actine, est une sorte de filament de la myofibrille qui s'insèrent au niveau des stries Z, il est constitué par trois principales protéines différentes : l'actine globulaire formant une double hélice, la tropomyosine et la troponine. lorsque le muscle est au repos, la tropomyosine (liée à la troponine) cache le site de fixation de la tête de myosine sur l'actine. Lors d'une excitation efficace, les ions  $Ca^{++}$  se libèrent du réticulum endoplasmique de la fibre musculaire. Une fois libres dans le sarcoplasme musculaire, ces ions  $Ca^{++}$ , se fixent sur la troponine celle-ci change de conformation et déplace la tropomyosine, ce qui libère le site de fixation des têtes de myosine, un complexe acto-myosine (pont) se forme alors.

Sous l'effet de la rotation des têtes de myosines fixées sur les filament d'actine, ces derniers glissent vers le centre du sarcomère créant un raccourcissement du sarcomère, ce qui induit la contraction musculaire.

**Myofilament épais de myosine :** ce sont des faisceaux d'environ 200 molécules de myosines. Chaque molécule de myosine a la forme d'un bâtonnet (tige) terminé par deux têtes. Les tiges se collent les unes aux autres pour former le myofilament épais, tandis que les têtes font saillie latéralement tout autour du myofilament. La tête de myosine comporte deux sites spécifiques, l'un pour l'ATP et l'autre pour l'actine.

**Sarcomère :** représente l'unité structurale et fonctionnelle de la fibre musculaire et correspond à la zone séparant deux stries Z successives. Une myofibrille est donc constituée d'une suite de sarcomères dont la sommation des raccourcissements provoque la contraction du muscle.

**Sarcoplasme :** c'est le cytoplasme d'une fibre musculaire striée. Son contenu est comparable au cytoplasme d'autres cellules eucaryotes, avec une grande quantité de granules de glycogène et d'importantes quantités de myoglobine et une grande richesse en mitochondries. La concentration de Calcium dans le réticulum endoplasmique du sarcoplasme est également un élément spécial de la fibre musculaire au moyen duquel les contractions sont produites et régulées.

**Sarcolème :** est la membrane de la cellule musculaire qui entoure le sarcoplasme.

*La théorie des filaments glissants* : selon cette théorie, la contraction musculaire est dû à un glissement des myofilaments fins d'actine par rapport aux myofilaments de myosine, ce glissement provoque le raccourcissement des sarcomères et par conséquent le raccourcissement des fibres musculaire. Cette théorie trouve ses justifications dans les manifestations de la contraction au niveau de la fibre musculaire : un raccourcissement des sarcomères, une réduction de la longueur des bandes claires et de la zone H avec une constance de la longueur des bandes sombres.