Chapitre 2 : Le rôle du muscle strié squelettique dans la conversion d'énergie

Introduction :

……

……

……

……

……

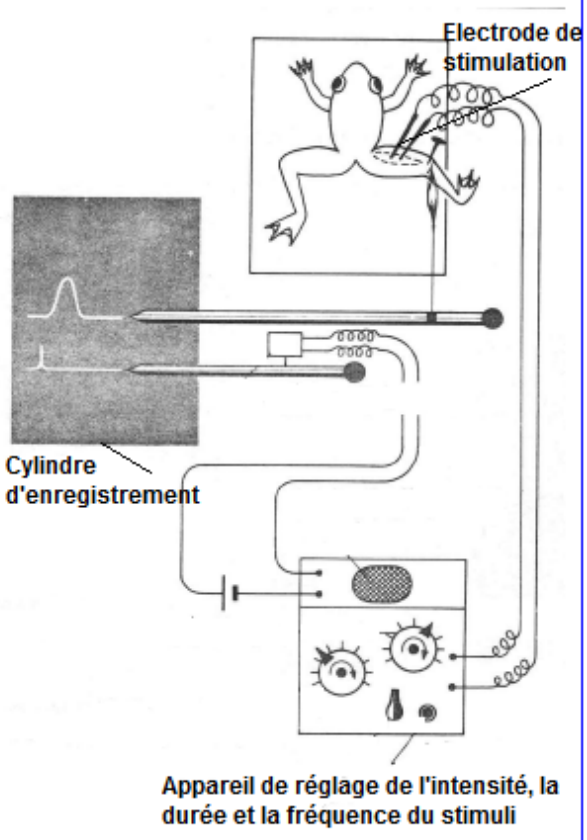
……

……

I. Enregistrement de la contraction musculaire :

1. Etude expérimentale :

- Chez une grenouille, on procède à la destruction de l'encéphale et de la moelle épinière.
- La dissection du membre postérieur permet de dégager le muscle gastrocnémien et le nerf sciatique.
- Avec une épingle on fixe le genou sur une plaque.
- On sectionne le tendon d'Achille et on le relie, à travers un fil, au système d'enregistrement.
- Lors de sa contraction, le muscle supporte une masse faible et constante. On parle de contraction isotonique.
- On applique des excitations à travers le système excitateur, et grâce au stylet inscripteur, on enregistre le myogramme sur un cylindre tournant à vitesse déterminé.

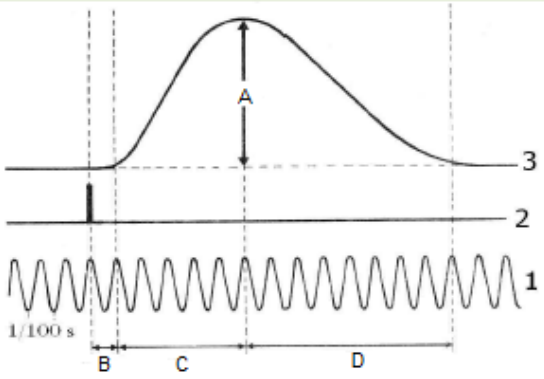


Document 1 : Dispositif expérimental pour étudier la contraction musculaire chez la grenouille

2. Etude des enregistrements de la contraction musculaire :

a. Réponse musculaire à un stimulus liminaire :

Le cylindre tournant à une vitesse déterminée, on applique au nerf sciatique une stimulation dont l'intensité donne une contraction musculaire à amplitude maximale.



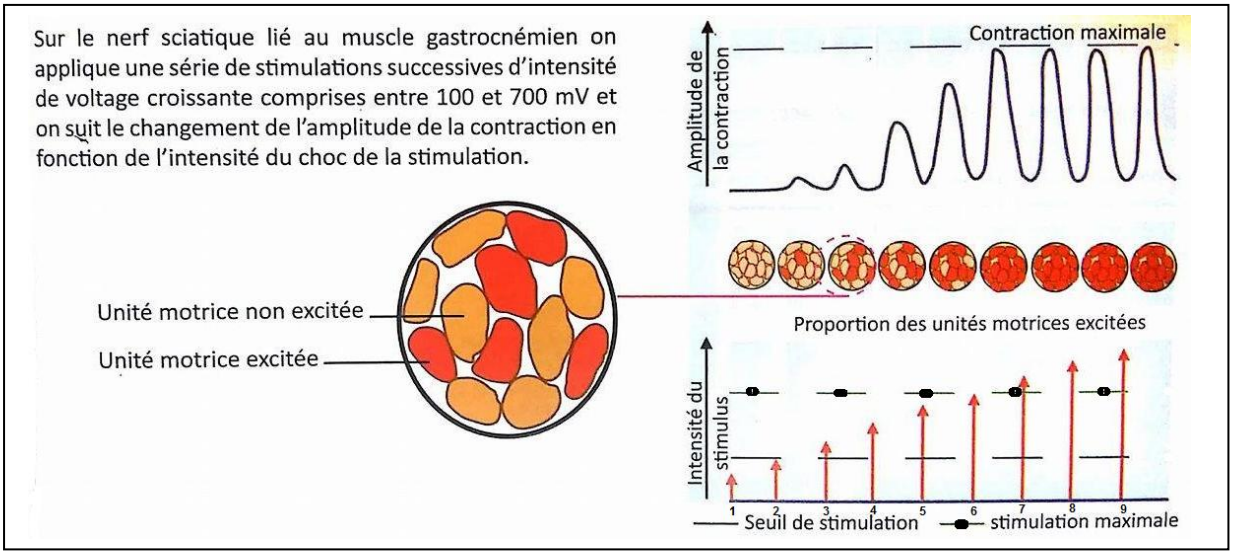
Document 2 : Secousses musculaires isolée : 1- L'échelle du temps ; **2-** Artéfact de stimulation ; **3-** Myogramme.

1. **Décrivez l'enregistrement obtenu en définissant ses phases et leurs durées.**
2. **Quels sont les propriétés du muscle mises en évidence ?**

Réponses :

b. Réponse musculaire à une série de stimulation efficace successives et d'intensité croissante :

Sur le nerf sciatique lié au muscle gastrocnémien on applique une série de stimulations successives d'intensité de voltage croissante comprises entre 100 et 700 mV et on suit le changement de l'amplitude de la contraction en fonction de l'intensité du choc de la stimulation.



➢ **Interprétez les résultats obtenus**

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

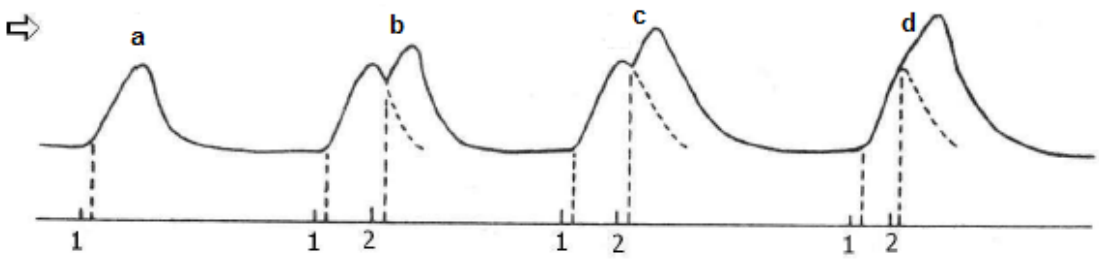
……

……

……

……

c. Réponse musculaire à deux excitations efficaces de même intensité :



Le cylindre tournant à vitesse constante, on applique une simulation efficace, mais qui ne donne pas l'amplitude maximale de la contraction musculaire dans le cas de la secousse isolée
.**a-** Simulation unique.
.**b-** Deux stimulations successives : La deuxième est appliquée lors de la phase du relâchement correspondant à la première secousse.
.**c-** Deux simulations successives : La deuxième survient lors de la phase du relâchement, avec diminution de l'écart temporel entre les deux stimulations.
.**d-** Deux stimulations successives : La deuxième survient lors de la phase de contraction.

Document 4 : L'effet de deux simulations successives avec une intensité qui ne donne pas l'amplitude maximale de la contraction musculaire.

.....

.....

.....

.....

.....

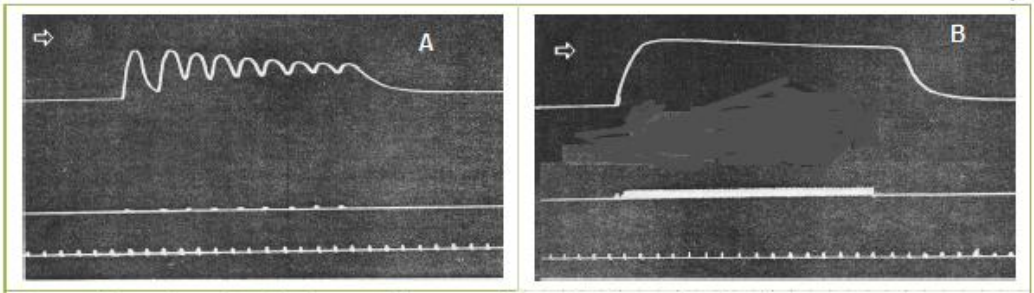
.....

.....

.....

.....

d. Réponse musculaire à une série d'excitations efficaces successives et de même intensité :



On applique des stimulations qui donnent l'amplitude maximale de la contraction musculaire. Les simulations successives se répètent avec une fréquence de 10 à 15 simulations par seconde (figure de gauche), ou avec une fréquence de 25 à 30 simulations par seconde (figure de droite). Les secousses successives fusionnent partiellement ou totalement. On parle de tétanos imparfait ou parfait.

Documents 6 : Le tétanos.

……

……

……

……

……

……

……

……

……

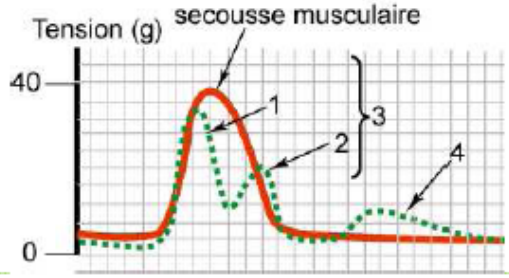
……

II. Les phénomènes thermiques et énergétiques liés à la contraction musculaire :

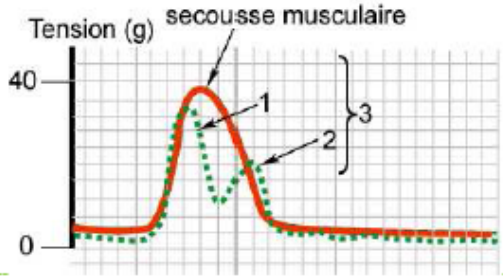
1. Les phénomènes thermiques accompagnant la contraction musculaire :

• Avec un dispositif expérimental adéquat, on peut enregistrer la contraction musculaire et le dégagement de chaleur qui l'accompagne. La chaleur est dégagée par des réactions biochimiques exothermiques. Le graphique ci-contre montre les résultats obtenus.

• Si on met le muscle dans un milieu aérobie, le muscle se contracte, mais la chaleur retardée diminue de façon remarquable.



Dégagement de la chaleur par un muscle placé dans un milieu riche en oxygène (milieu aérobie).



Dégagement de la chaleur par un muscle placé dans un milieu pauvre en oxygène (milieu anaérobie) .

.1 : Chaleur de contraction .2 : Chaleur de relâchement .3 : Chaleur initiale .4 : Chaleur retardée.

Document 1 : Mise en évidence de la chaleur qui accompagne la contraction musculaire

1- Expliquez l'augmentation du dégagement de la chaleur au cours de l'effort musculaire.

2- Précisez les types de chaleur dégagés par le muscle en activité.

Réponses :

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

2. Origine de l'énergie nécessaire à la contraction musculaire :

- Au niveau de la lèvre supérieure du cheval, on a analysé le sang veineux et le sang artériel d'un muscle ; et on a constaté ce qui suit :
- Au cours de la contraction musculaire, il y a augmentation du volume du sang qui traverse le muscle, de la quantité de CO_2 rejetée, et des quantités d'oxygène et de glucose consommées. Ainsi qu'une diminution des réserves de glycogéne dans le muscle.
- Chez l'homme, on a remarqué que la quantité d'oxygène consommée augmente avec l'intensité de l'exercice musculaire, pour se stabiliser à un certain niveau. À partir de cette étape, on détecte l'apparition de l'acide lactique dans le sang.

Document 2 : les phénomènes chimiques accompagnant la contraction musculaire.

➢ **Déduisez les besoins de la contraction musculaire.**

……

……

……

……

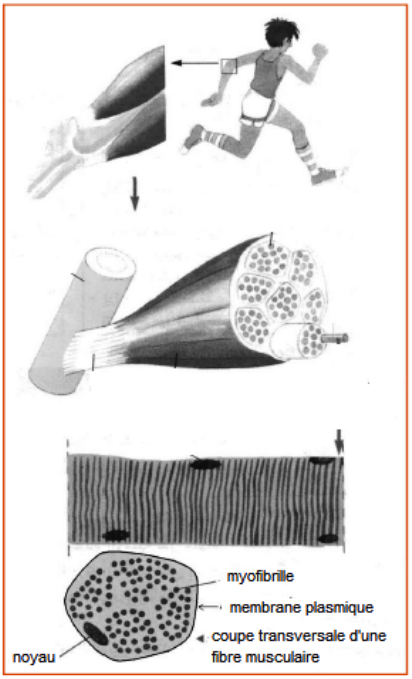
……

III. Structure et ultrastructure du muscle strié squelettique :

1. Observations du tissu musculaire :

Chaque muscle est constitué de centaines ou de milliers de fibres musculaires. La fibre musculaire est une cellule fusiforme dont le diamètre varie entre 10 et 100 µm. La longueur peut atteindre quelques centimètres. C'est une cellule géante qui possède des centaines de noyaux. En effet, elle résulte de la fusion d'un grand nombre de cellules au cours du développement embryonnaire.

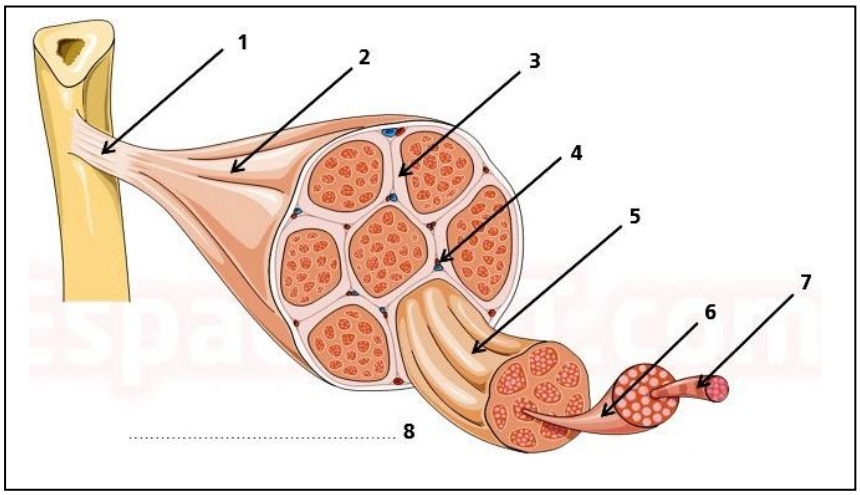
Observé au microscope optique, le cytoplasme de la fibre musculaire présente une succession de bandes claires et sombres. D'où l'appellation « muscle strié ». Squelettique ; c'est en rapport avec le squelette.



La majorité du volume du cytoplasme est occupée par des centaines ou des milliers de cylindres parallèles au grand axe de la fibre. Ce sont les myofibrilles qui se caractérisent par la contractilité. Au niveau du cytoplasme on trouve aussi plusieurs noyaux ; des mitochondries ; des réserves de glycogène …

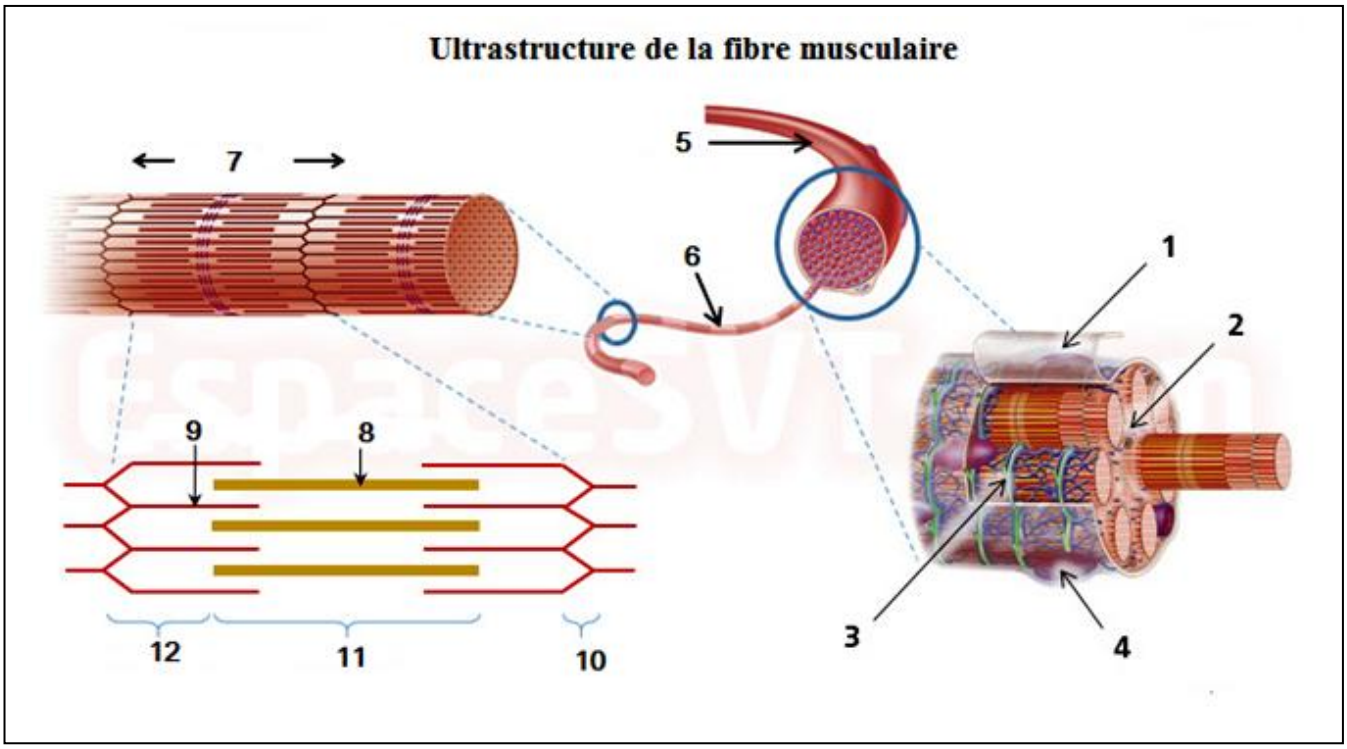
Document 1 : L'organisation du muscle squelettique strié.

➢ **Lisez le document ci-dessus et légendez la figure suivante :**



……
……
……

2. Ultrastructure de la fibre musculaire :



➢ **Légendez la figure ci-dessus et décrivez la structure du filament musculaire :**

……
……
……
……

……

……

……

……

……

……

……

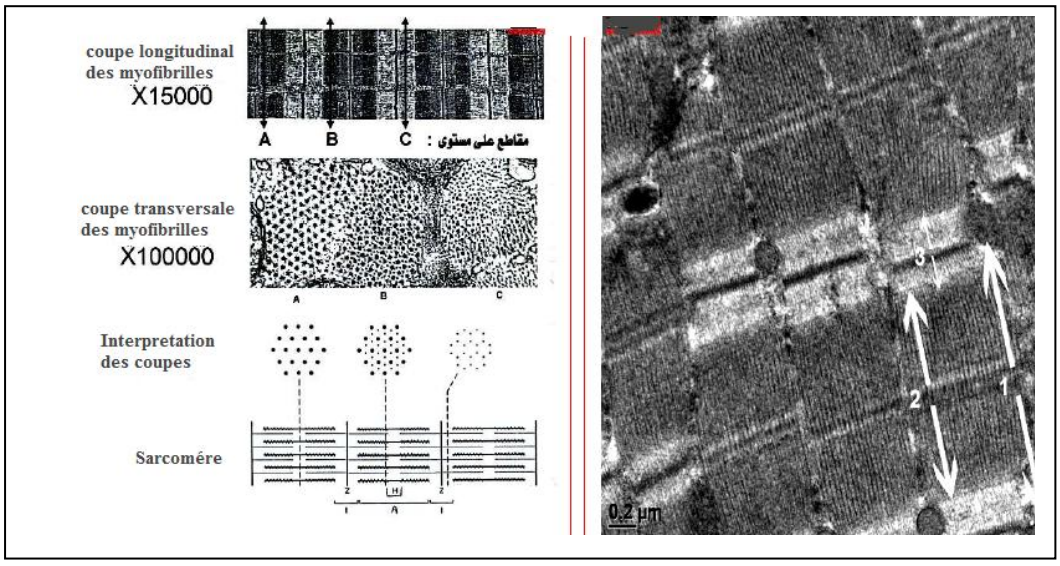
……

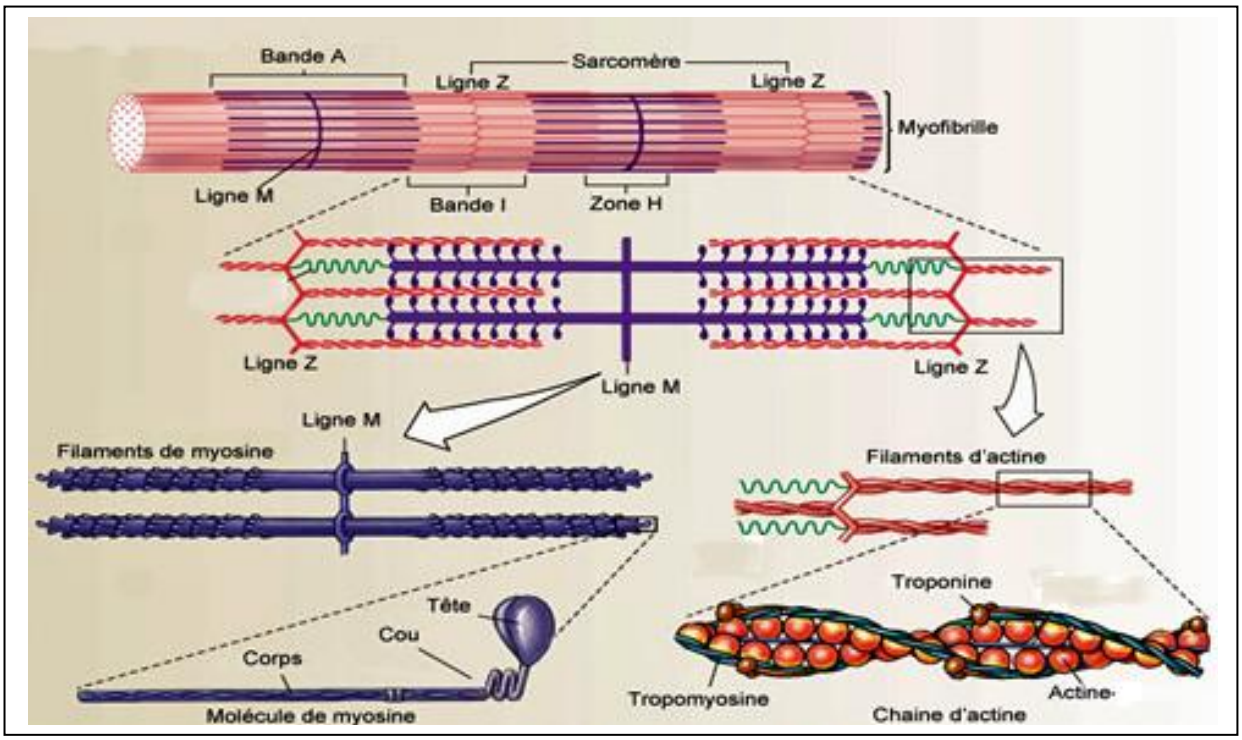
……

……

3. Ultrastructure de la myofibrille :

a. Observation des myofibrilles au microscope électronique :





➢ **Décrivez les coupes transversales des myofibrilles .**

……

……

……

……

……

……

……

……

b. Les constituants moléculaires de myofilaments :

……

……

……

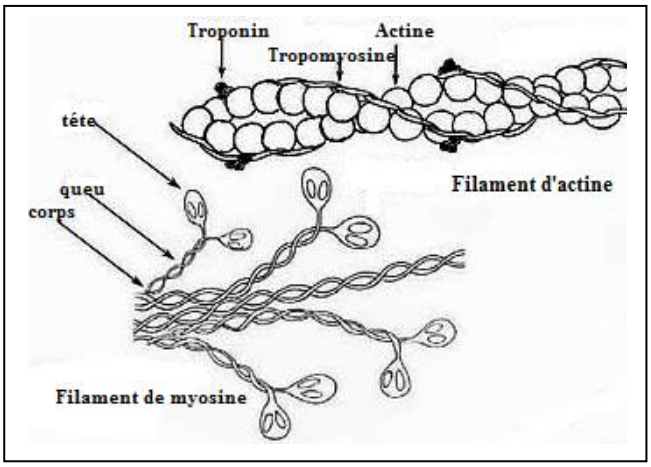
……

……

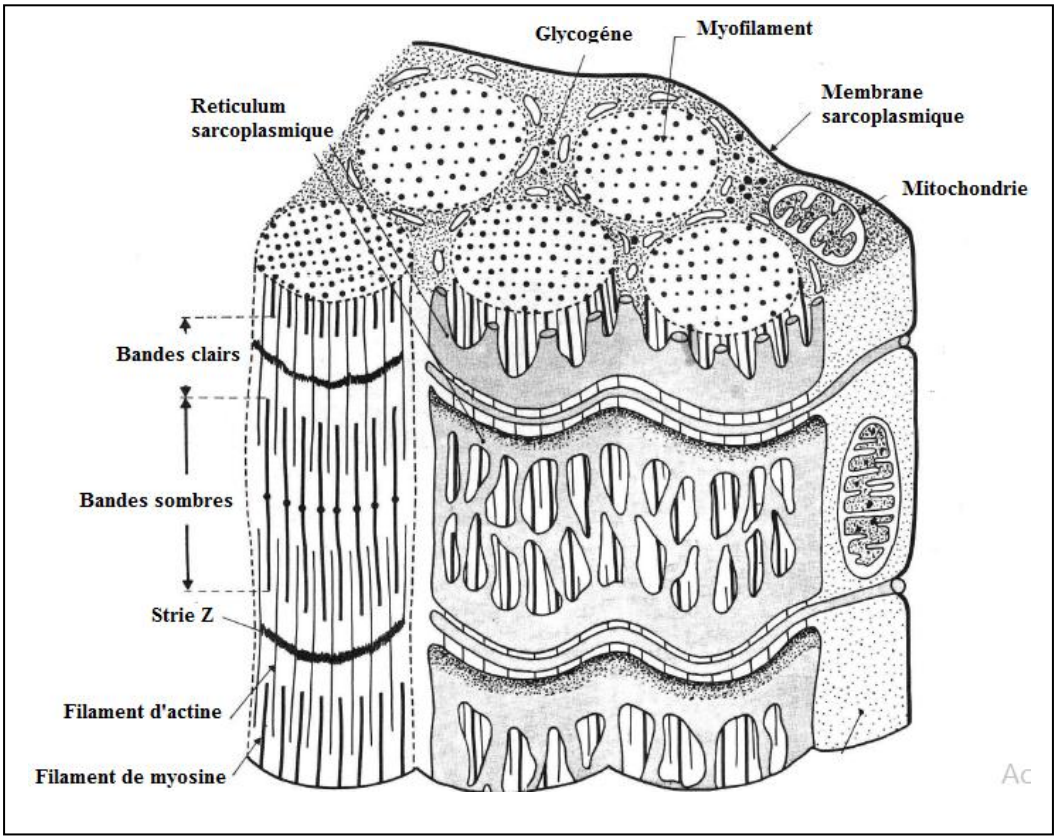
……

……

……



c. Organisation d'une fibre musculaire :



……

……

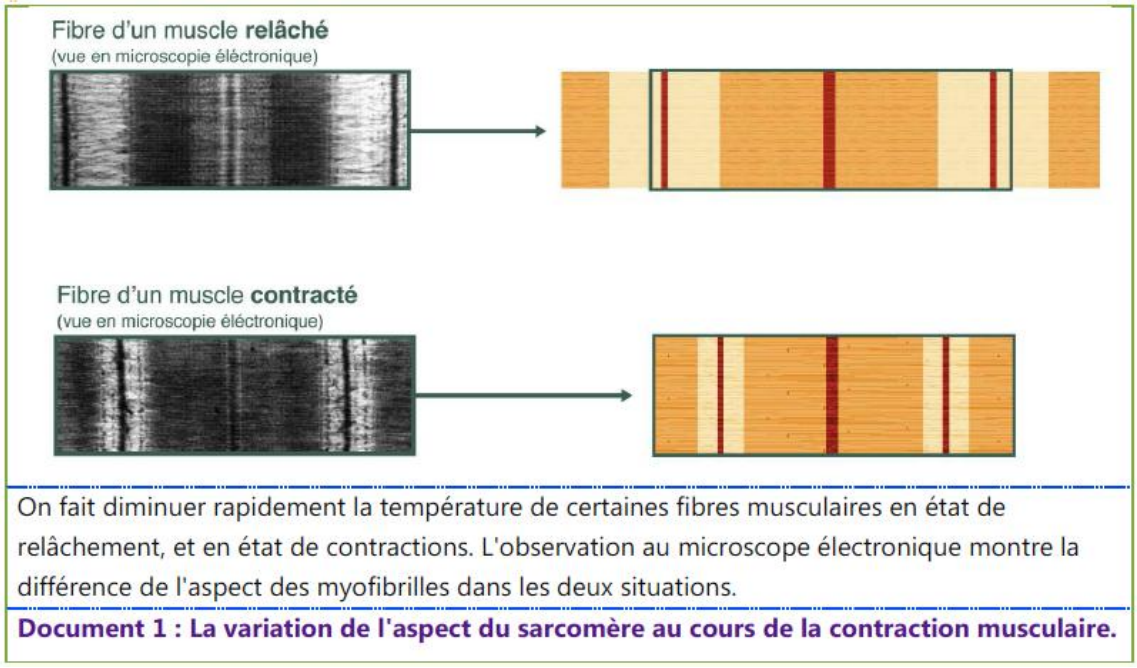
……

……

IV. Mécanisme de la contraction musculaire :

1. Le glissement des myofilaments :

a. Observations :



On fait diminuer rapidement la température de certaines fibres musculaires en état de relâchement, et en état de contractions. L'observation au microscope électronique montre la différence de l'aspect des myofibrilles dans les deux situations.

Document 1 : La variation de l'aspect du sarcomère au cours de la contraction musculaire.

- **Comparez l'aspect du sarcomère dans les 2 cas et précisez les changements qui affectent la myofibrille au cours de la contraction .**

Au cours de la contraction musculaire on observe :

……

……

……

……

……

b. Explications et conclusion :

……

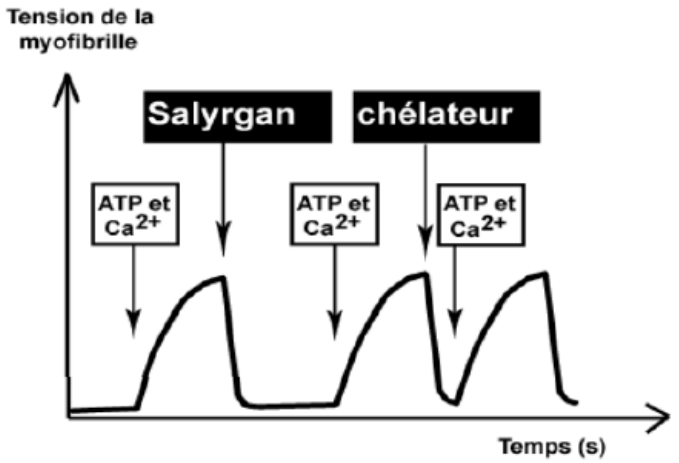
……

……

……

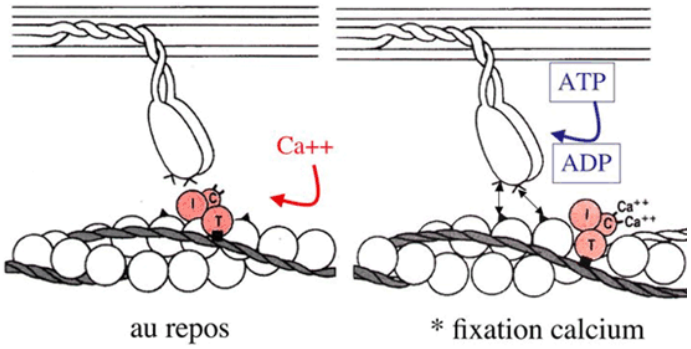
2- Les besoins de la contraction musculaire :

On procède à la dilacération de fibres musculaires dans le glycérol (alcool). Ce qui permet d'isoler les myofibrilles. Ces myofibrilles sont capables de conserver leur contractilité dans un milieu expérimental. Cette contractilité se manifeste par une sorte de tension. Le graphique ci-contre montre l'effet des ions Ca^{++} et de l'ATP sur la contraction des myofibrilles isolées.
Salyrgan : Une substance qui inhibe l'hydrolyse de l'ATP.



Un chélateur : Une substance qui fait précipiter les ions Ca^{++} qui ne reste plus en solution dans le milieu.

Document 2 : Mise en évidence de la nécessité de l'ATP et du Ca^{++} pour la contraction des myofibrilles.



Document 3 : 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. Les ions calcium libres dans le sarcoplasme musculaire, se fixent sur la troponine qui change de conformation et déplace la tropomyosine, Cela libère le site de fixation de myosine.

- **Interprétez les résultats de l'expérience du document 2.**
- **Que peut-on conclure d'après ces 2 documents ?**

Réponses :

……

……

……

……

……

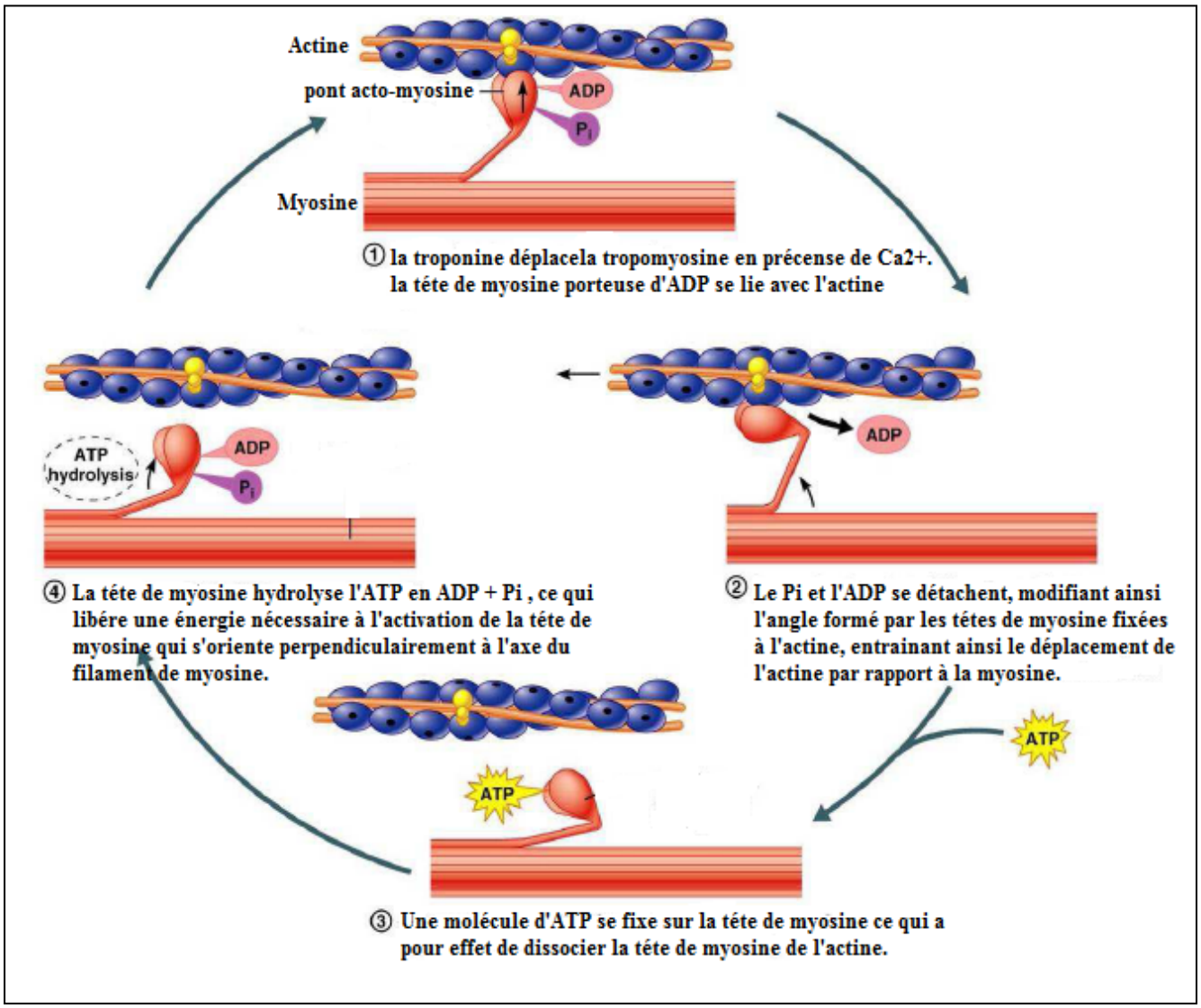
……

……

……

……

3. Mécanisme moléculaire de la contraction musculaire :



➢ **Décrivez le mécanisme de la contraction musculaire .**

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

V. Renouvellement de l'ATP nécessaire à la contraction musculaire :

1. Données expérimentales :

Le tableau ci-dessous présente les résultats du dosage de certains constituants dans un muscle au repos et dans le même muscle après contraction dans divers conditions expérimentales.

Conditions expérimentales	**Observations**	**Produits dosés**	**Résultats du dosage**	
			Avant la contraction	**Après la contraction**
Stimulation du muscle non traité	Contraction du muscle pendant 3 minutes	Glycogène Acide lactique ATP Phosphocréatine	1.62 1.5 2 1.5	1.21 1.95 2 1.5
Stimulation du muscle traité avec une substance bloquant l'utilisation du glycogène.	Contraction du muscle pendant 3 minutes	Glycogène Acide lactique ATP Phosphocréatine	1.62 1.5 2 1.5	1.62 1.5 2 0.4
Stimulation du muscle traité avec une substance bloquant l'utilisation du glycogène et de la phosphocréatine.	Contraction du muscle puis arrêt.	Glycogène Acide lactique ATP Phosphocréatine	1.62 1.5 2 1.5	1.62 1.5 0 1.5

2- Analyse et conclusion :

Expérience 1 : ……

……

……

……

……

……

……

……

- **Expérience 2 :** ……..

……

……

……

……

……

……...

.....

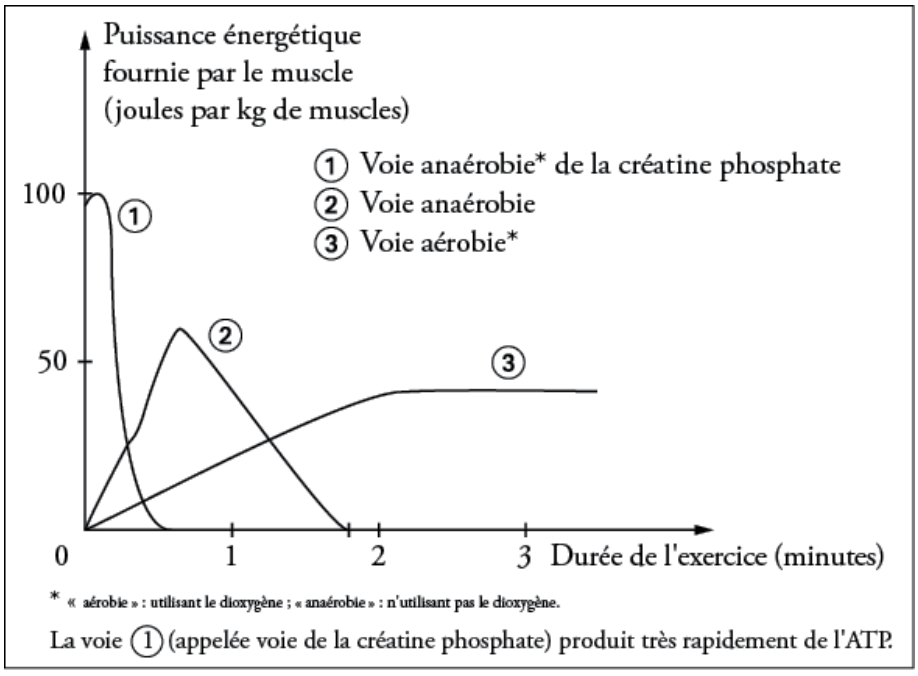
- **Expérience 3 :** ……

……

……

……

3- Les voies métaboliques de régénération de l'ATP :



➢ **En analysant les données de ce graphique, dégager les voies métaboliques de la régénération de l'ATP utilisé par le muscle en activité.**

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

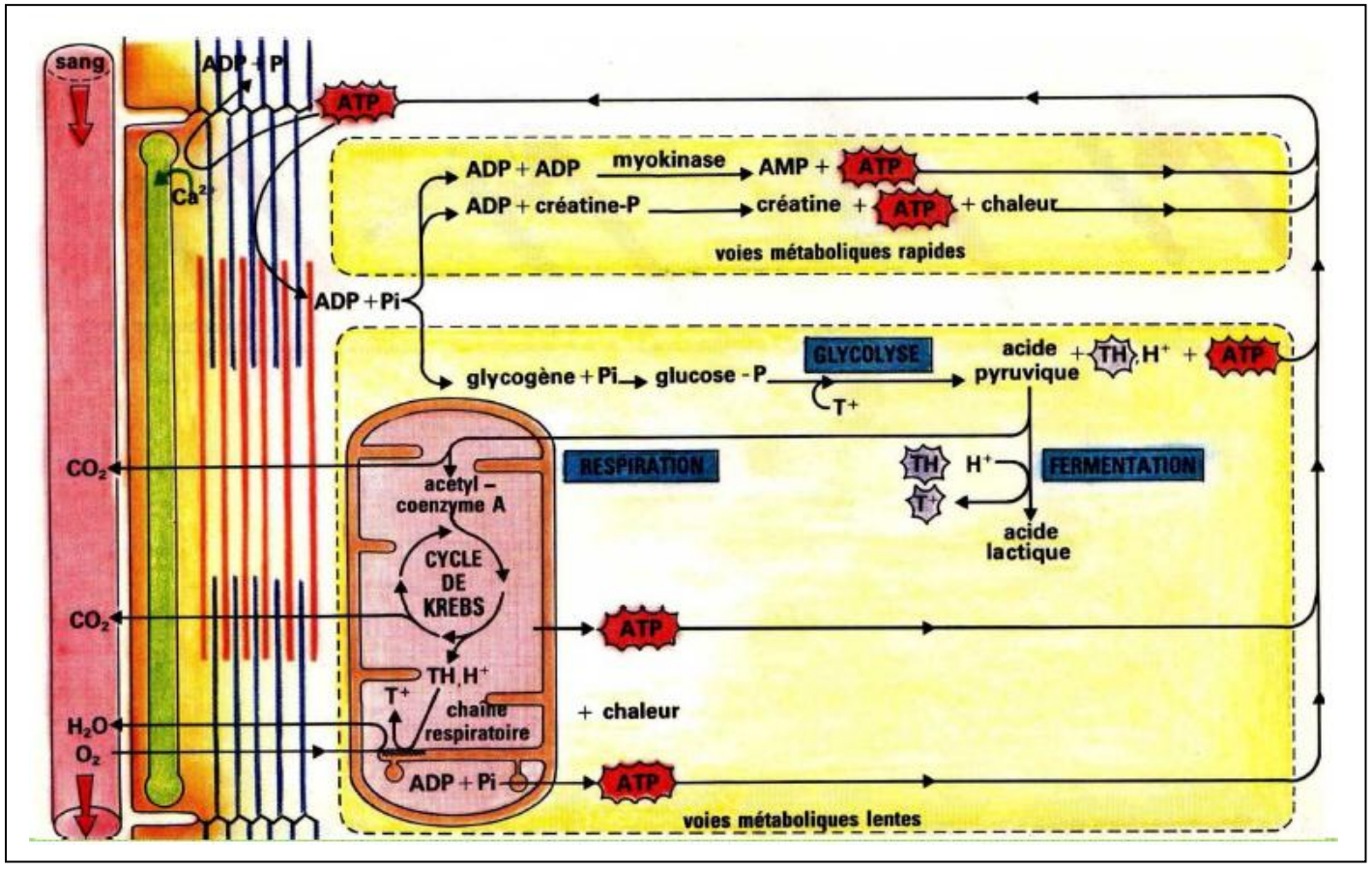
……

……

……

……

……

……

VI. Bilan général :