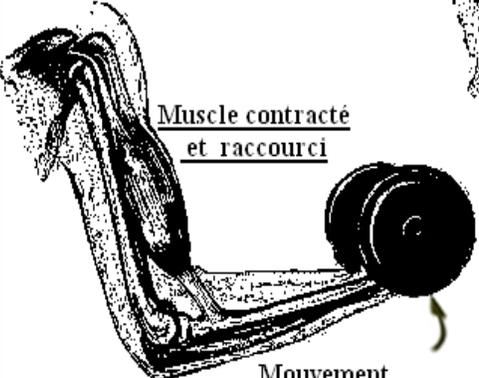
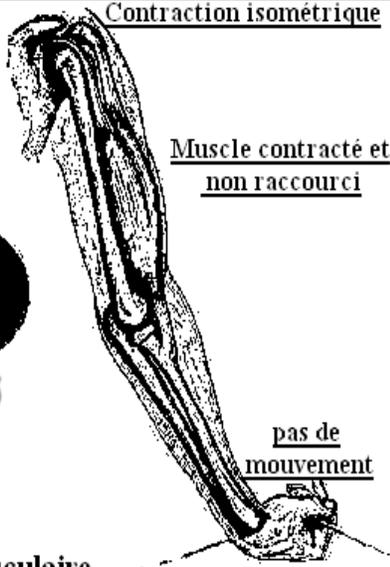


Rôle du muscle strié squelettique dans la conversion d'énergie

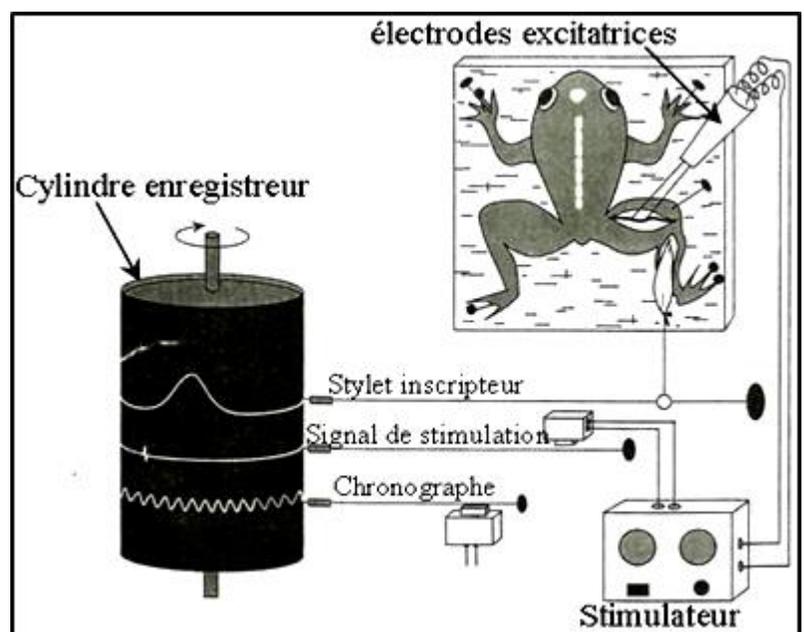
<p>Contraction isotonique</p>  <p>Contraction isométrique</p>  <p>Doc 1: Types de contraction musculaire</p>	<p>➤ : (iso : même ; tonique : tension) Lors d'une contraction isotonique , la longueur du muscle varie mais pas la tension</p> <p>➤ : (iso : même ; métrique : longueur) C'est une contraction pour laquelle le muscle, même contracté, ne change pas de longueur. Aucun travail musculaire n'est réalisé mais on observe le développement d'une tension musculaire relativement élevée et une consommation d'énergie.</p>
---	--

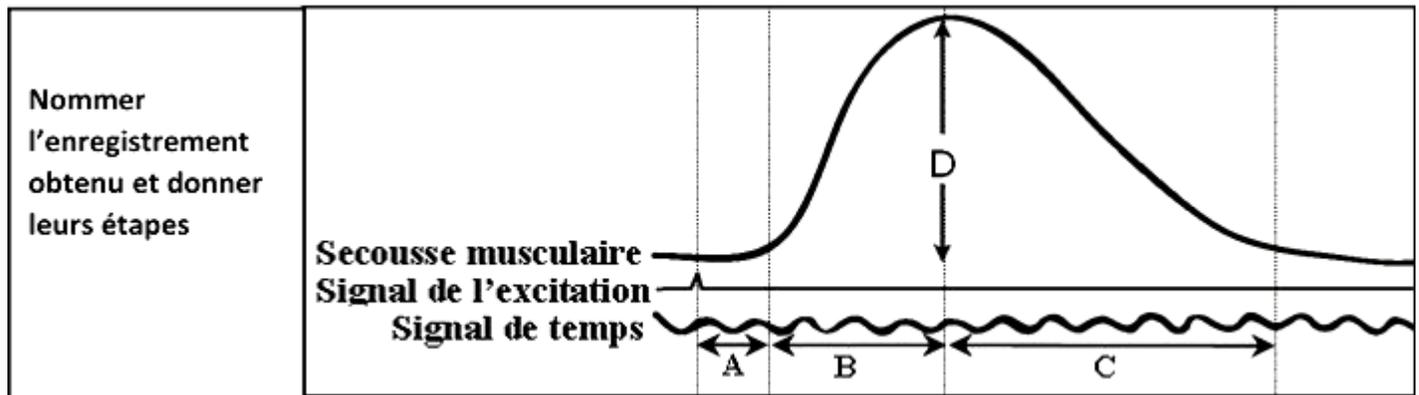
1- Etude expérimentale de la contraction musculaire

Doc :2 La technique expérimentale utilise le membre postérieur d'une grenouille décérébrée et déméduillée. L'animal est posé sur une planchette, le genou est immobilisé (point fixe). Le nerf sciatique est dégagé, sur lui seront placées les électrodes excitatrices. Le tendon d'Achille sectionné est relié à un système d'enregistrement, le myographe qui amplifie les mouvements du muscle. Les enregistrements obtenus s'appellent les myogrammes.

Manipulation

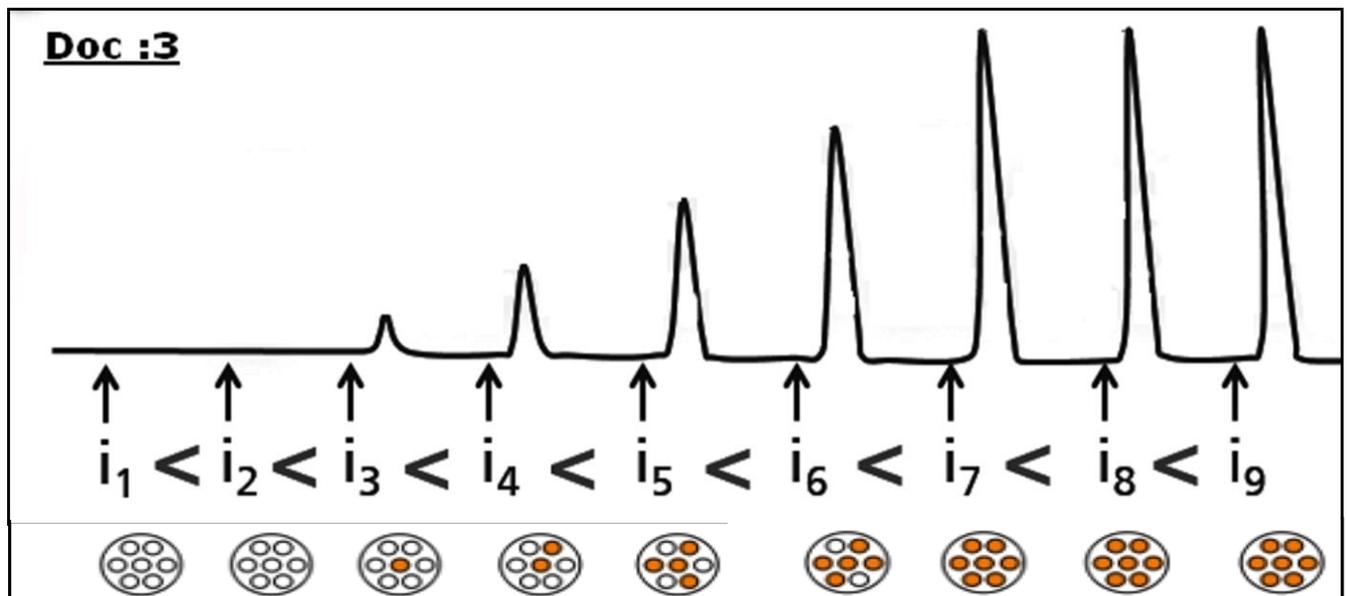
Pour l'étude de la contraction musculaire, on peut utiliser le muscle gastrocnémien d'une grenouille déméduillée et décérébrée : On dégage le muscle et le nerf sciatique. On sectionne le tendon inférieur du muscle et on le relie au levier avec un fil. On place les électrodes excitatrices au niveau du nerf. Ici l'excitation du muscle est faite par l'intermédiaire du nerf. On provoque des excitations par fermeture ou ouverture du courant. On fait varier l'intensité du courant, la fréquence des excitations et on étudie les conséquences sur la contraction. (voir le schéma (fig 1) du dispositif expérimental permettant l'enregistrement de contraction musculaire chez la grenouille)





Effet de l'intensité de stimulation sur la réponse musculaire

Doc :3



On applique des stimulations électriques au niveau du nerf sciatique, tout en gardant le cylindre immobile. Après le premier enregistrement, on fait tourner le cylindre manuellement de quelques millimètres et on répète la simulation ... L'opération se répète plusieurs fois avec des stimulations à intensité croissante. Le résultat figure sur le **Doc 3**

- **Interprétez les résultats obtenus?**

➤ Intensité qui ne donne pas l'amplitude maximale de la contraction musculaire

Doc 4 : Le cylindre tournant à vitesse constante, on applique une stimulation efficace, mais qui ne donne pas l'amplitude maximale de la contraction musculaire dans le cas de la secousse isolée

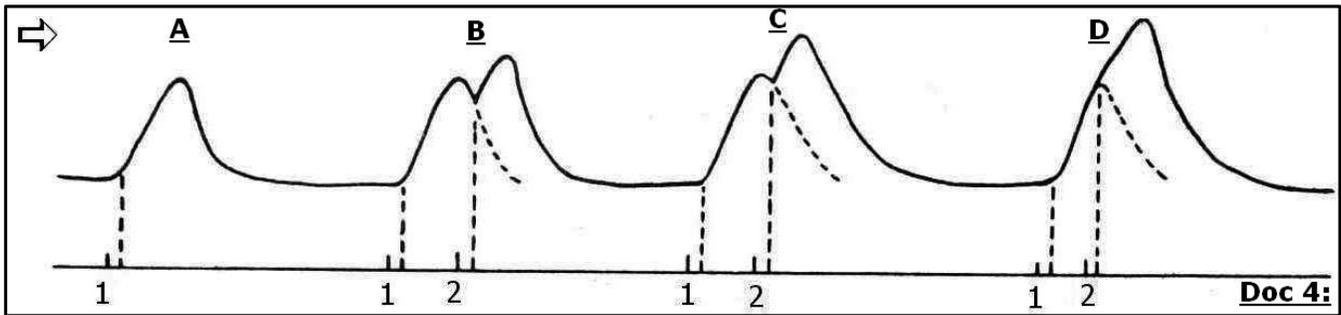
a- Simulation unique.

b- Deux stimulations successives : La deuxième est appliquée lors de la phase du relâchement correspondant à la première secousse.

c- Deux stimulations 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.

- **Analyser les résultats obtenus ? conclure ?**



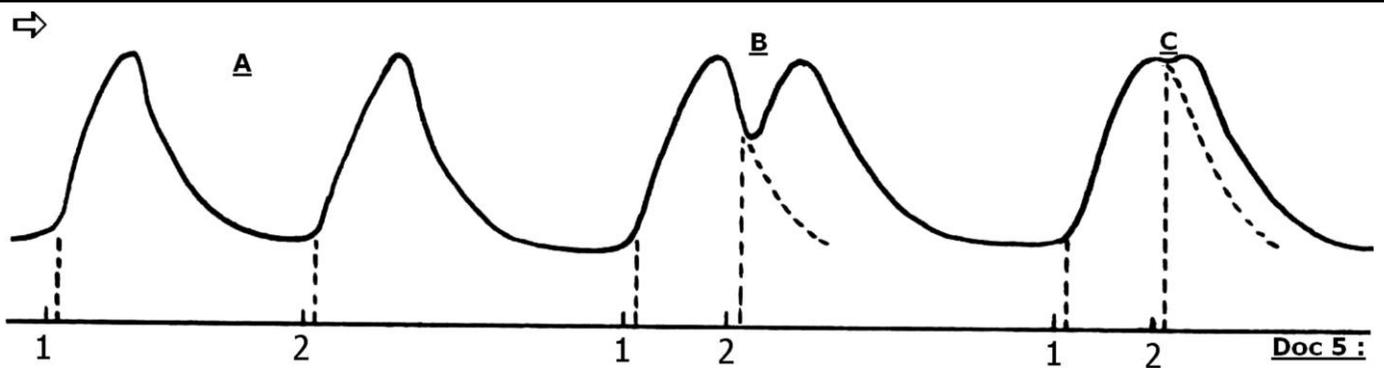
► **Intensité donne l'amplitude maximale de la contraction musculaire**

Doc 5 : Le cylindre tournant à vitesse constante, on applique une stimulation dont l'intensité provoque l'amplitude maximale de la contraction du muscle.

a- Deux stimulations successives éloignées dans le temps.

b- Deux stimulations successives : La deuxième survient lors de la phase de relâchement correspondant à la première secousse.

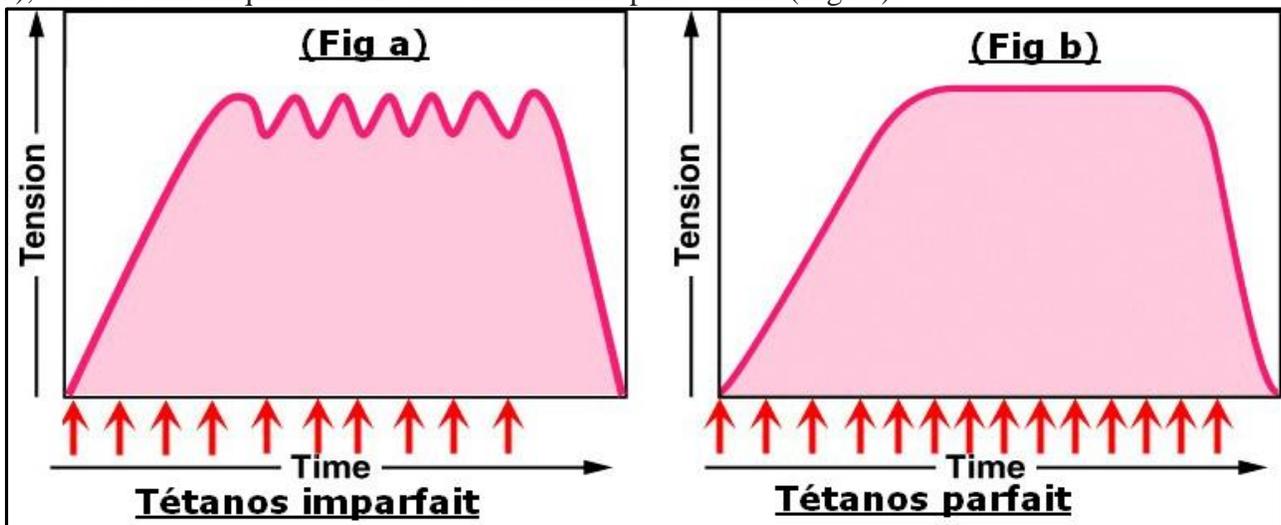
c- Deux stimulations successives : La deuxième survient à la fin de la phase de contraction correspondant à la première secousse.



Analyser les résultats obtenus ? conclure ?

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

Doc 6 : On applique des stimulations qui donnent l'amplitude maximale de la contraction musculaire. Les stimulations successives se répètent avec une fréquence de 10 à 15 stimulations par seconde (Fig : b), ou avec une fréquence de 25 à 30 stimulations par seconde (Fig : a).

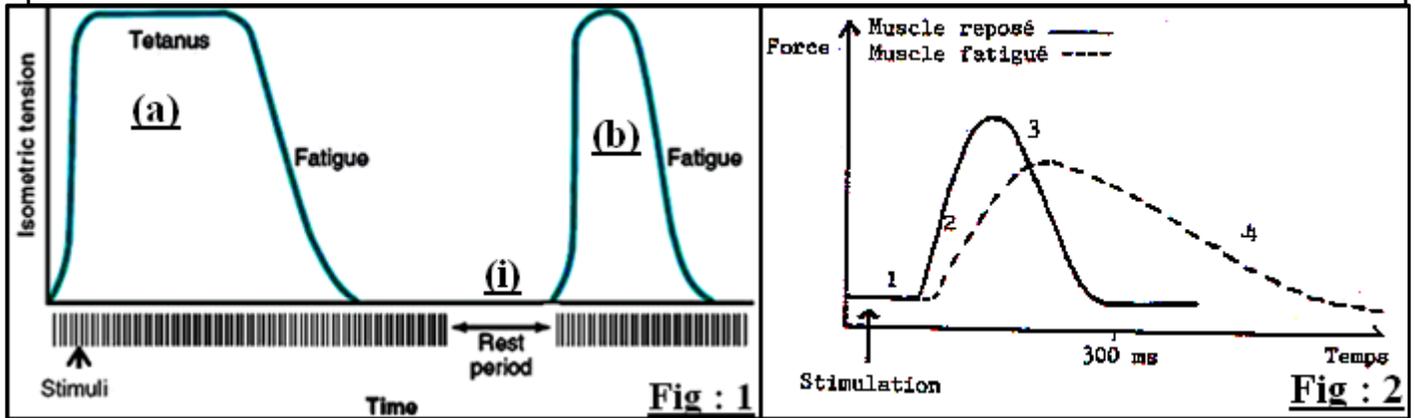


- Analyser les résultats obtenus ? conclure ?

La fatigue musculaire Doc 7 :

Doc 7 : On porte une série de stimulation de même intensité sur le muscle gastrocnémien pendant une durée très longue (Fig1). Afin d'obtenir une superposition des enregistrements on règle la vitesse de rotation du cylindre de tel sorte qu'une excitation unique se produit à chaque tour les résultats sont présentes par la Fig2. Pour l'enregistrement (Fig 1), le cylindre tourne à une vitesse plus lente et l'on porte une stimulation par seconde

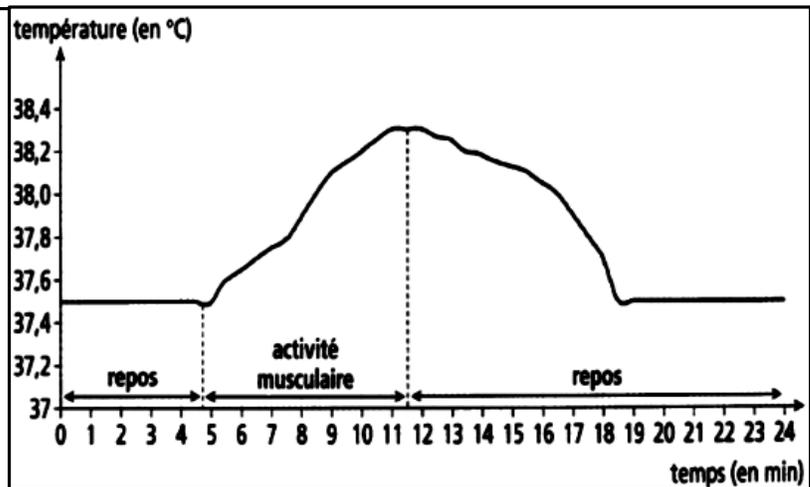
- Analyser et interpréter les résultats obtenus ?



Les phénomènes thermiques accompagnant la contraction musculaire

Doc 8 : Pendant une séance d'EPS, on a mesuré la température du corps d'un sportif avant, pendant et après un effort qui a duré quelques heures. Le graphique ci-contre présente les résultats obtenus.

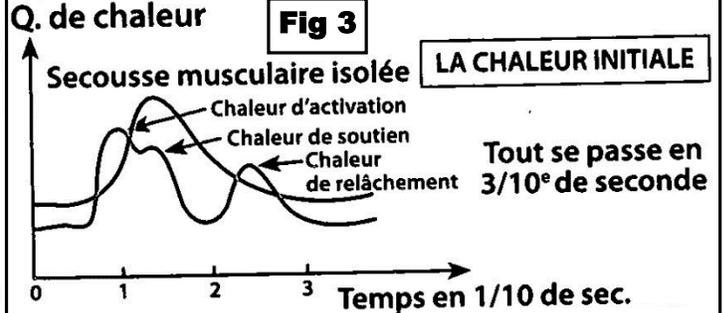
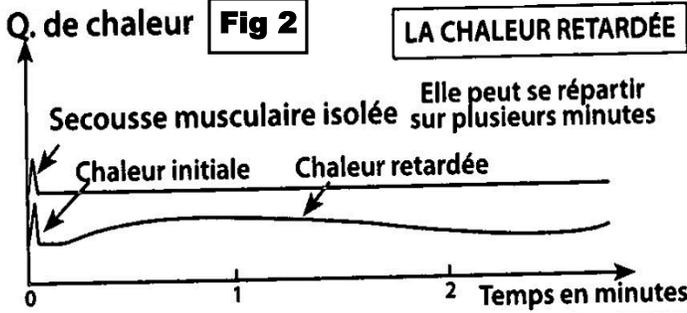
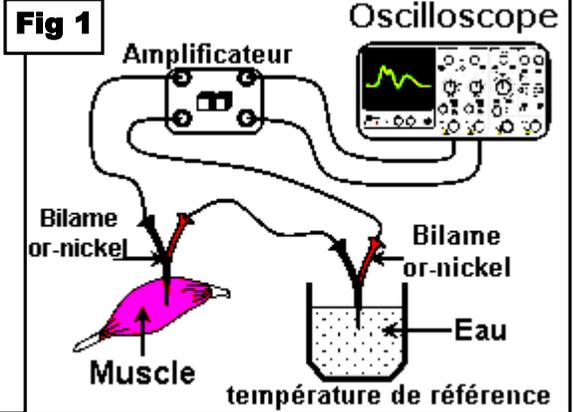
- Comment varie la température pendant et après un effort physique ?



⇒ **Comment donc peut-on enregistrer la contraction musculaire et le dégagement de chaleur qui l'accompagne.**

Doc 9 : Avec un dispositif expérimental adéquat (Fig 1), on peut enregistrer la contraction musculaire et le dégagement de chaleur qui l'accompagne. La chaleur est dégagée par des réactions biochimiques exothermiques. Les graphiques (Fig 2 et Fig 3) montrent les résultats obtenus

Il est bien connu qu'un exercice physique réchauffe ; la contraction des muscles s'accompagne donc d'une production de chaleur. Cette production de chaleur peut être étudiée de façon précise au moyen d'aiguilles thermo-électriques, aiguilles qui sont formées de deux métaux différents (cuivre, nickel) soudés bout à bout. Une des aiguilles étant introduite dans le muscle au repos, l'autre est maintenue à une température constante. La différence de température à laquelle sont les deux soudures se traduit par la production d'un courant électrique enregistré par un oscillographe et dont l'intensité est proportionnelle à la température du muscle.



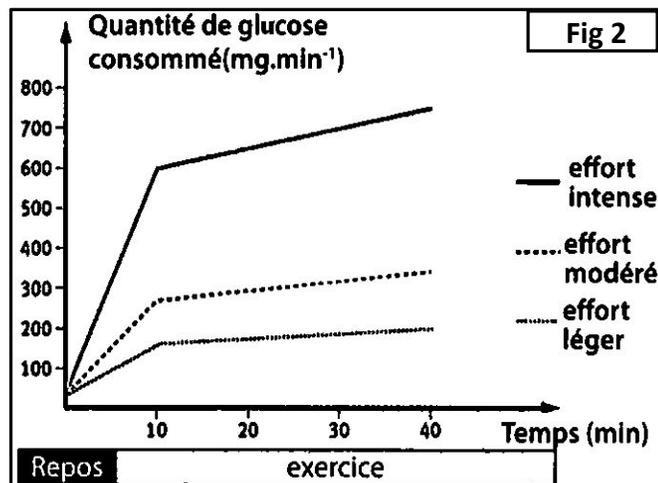
- Dégagez, des figures 2 et 3, les types de chaleur dégagés par le muscle en activité ? qu'en déduisez ?

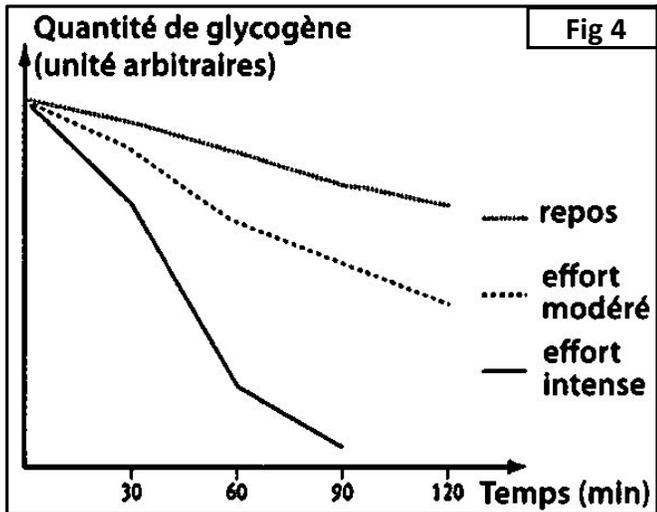
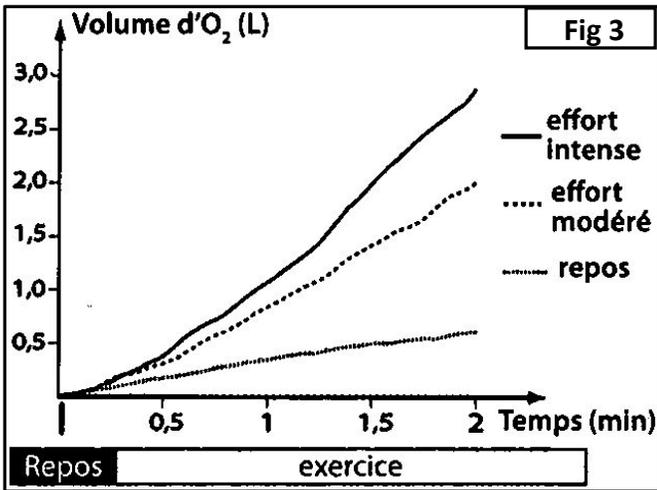
1- Phénomènes chimiques accompagnant la contraction musculaire

Doc : 10 : On analyse le sang à l'entrée et à la sortie d'un muscle au repos et après une activité musculaire. On obtient les résultats consignés dans figures suivants :

Analyser et conclure chaque figure ?

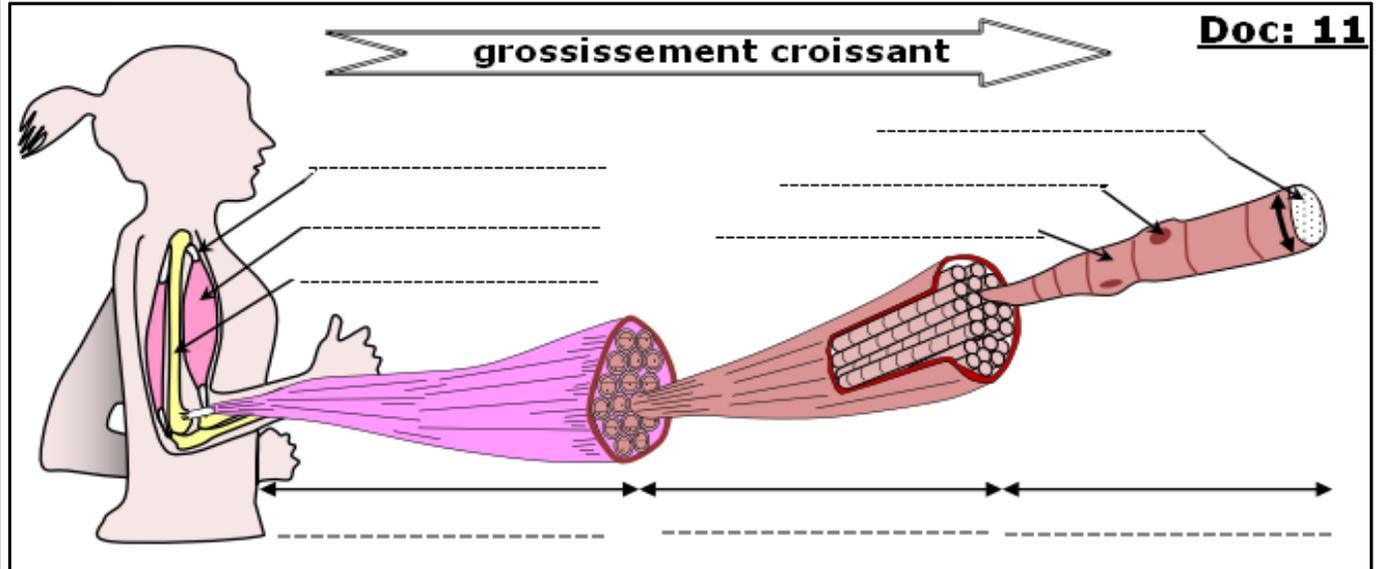
Mesures (par kg de muscle)	Muscle au repos	Muscle en activité
Volume du sang traversant le muscle	12,22 L	56,32 L
Volume d'O ₂ utilisé par le muscle	0,30 L	5,20 L
Volume de CO ₂ rejeté	0,22 L	5,95 L
Quantité de glucose (glucide) utilisé par le muscle	2,04 g	8,43 g
Quantité de protides utilisés	0 g	0 g
Quantité de lipides utilisés	0 g	0 g





Structure du muscle squelettique

Doc :11 les différents niveaux d'organisation d'un muscle



- Complétez le document 11 et Décrivez la structure du muscle squelettique ?

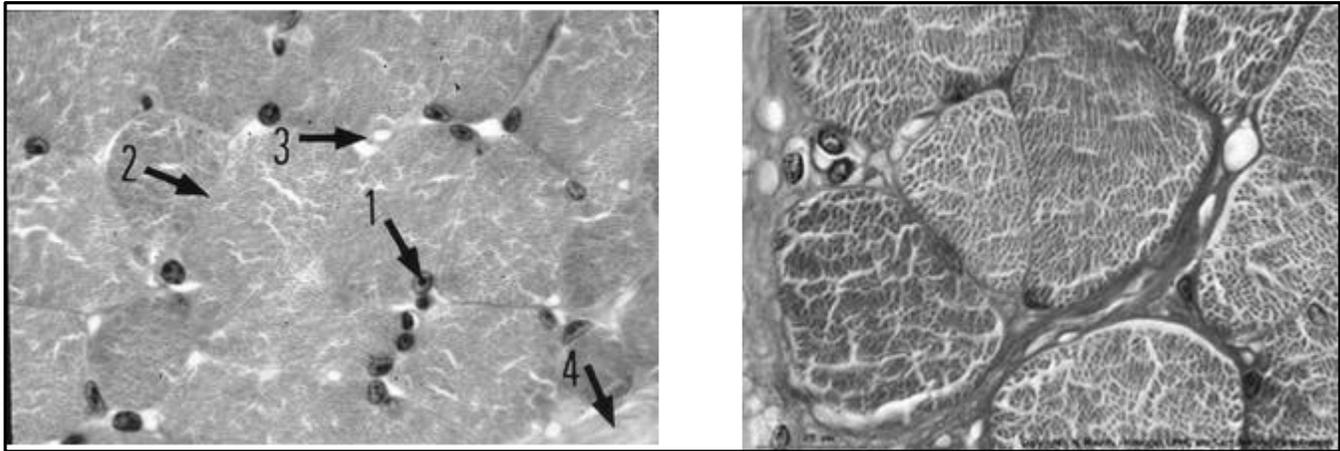
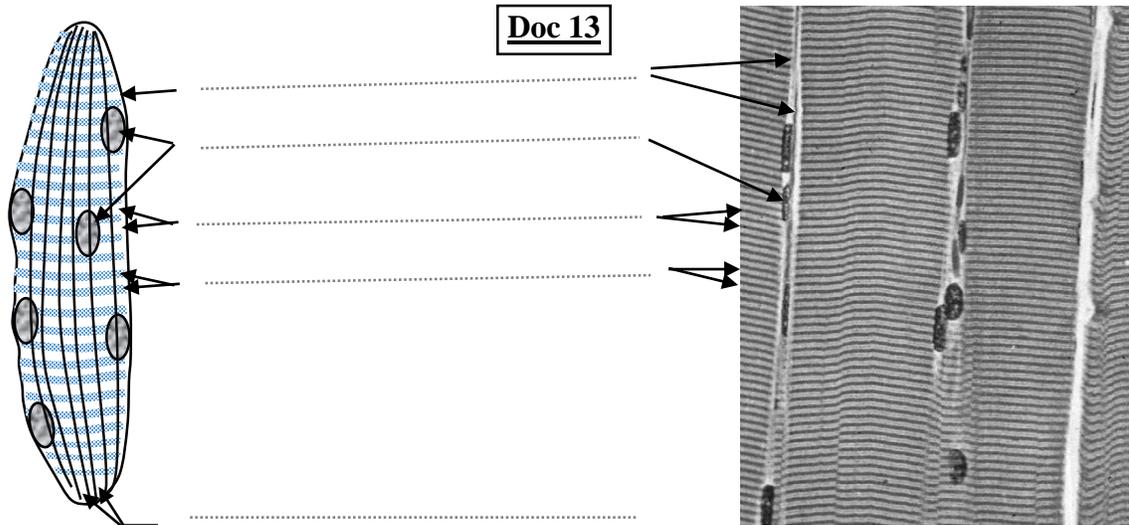
Doc : 12 des coupes transversales des muscles squelettiques striés**Observation microscopique (séance de travaux pratique (30 min))**

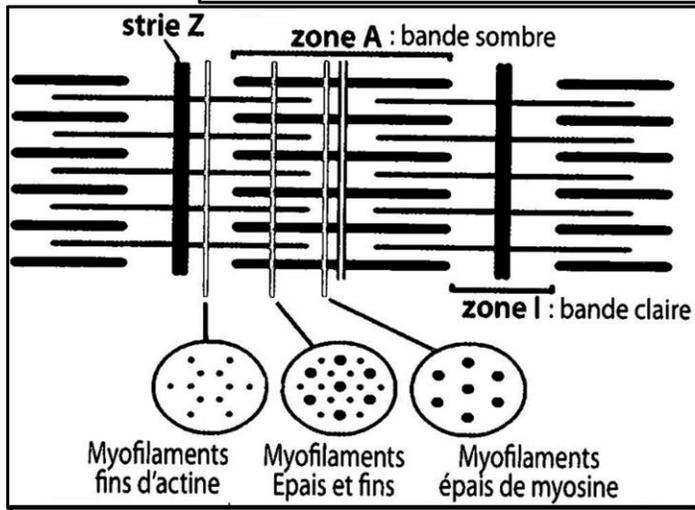
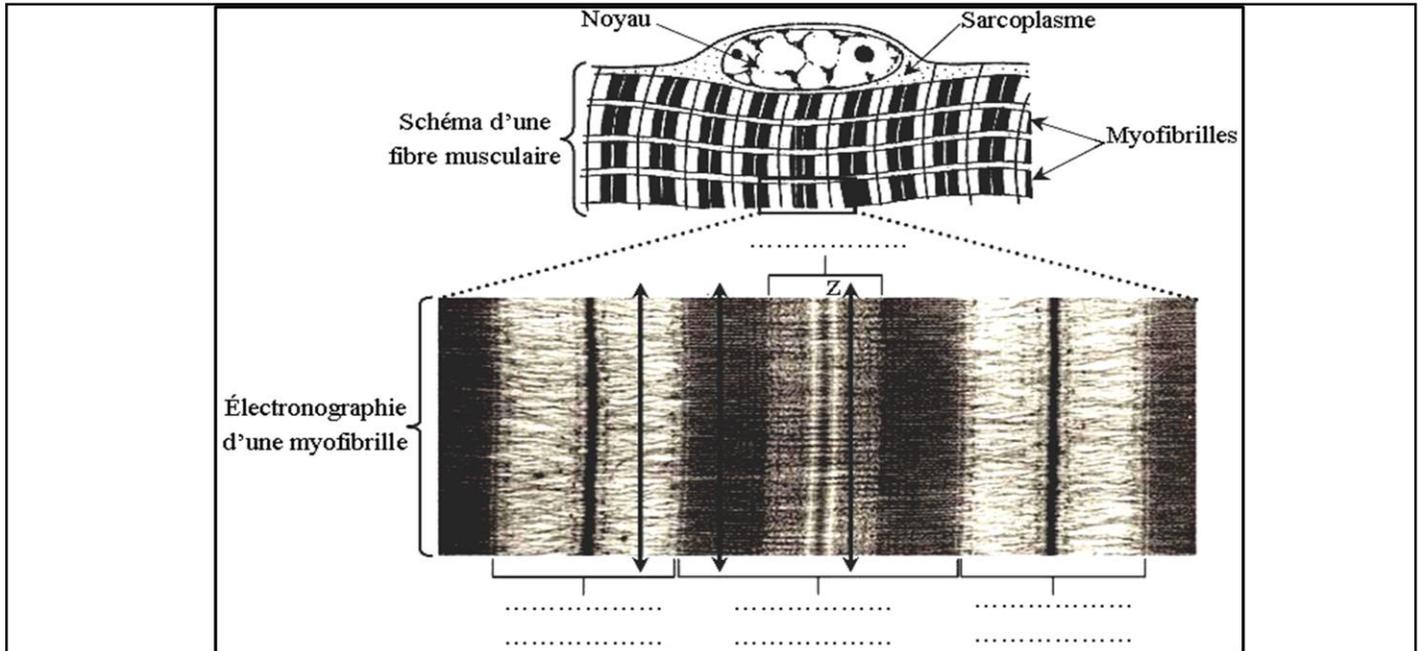
Fig 1 : Schéma d'une fibre musculaire striée
(10 à 120 μm – longueur : jusqu'à 35 cm)

Fig 2 : Images numériques d'un muscle strié
au microscope optique (grossissement x 400).

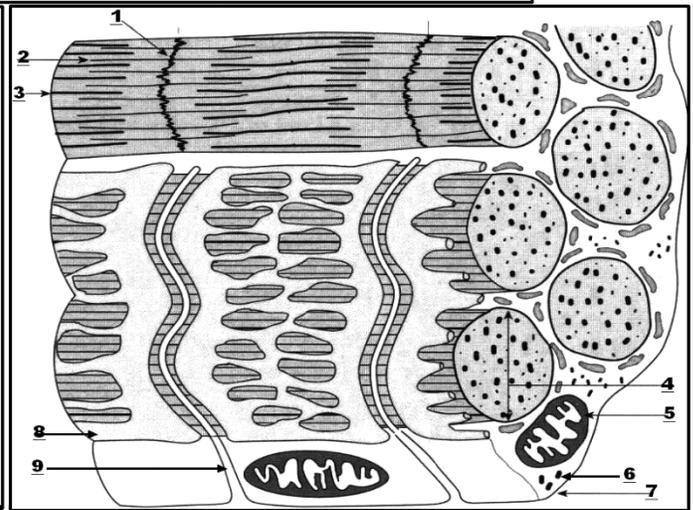
Ultra-structure de la fibre musculaire

Le DOC 14, réalisé à partir d'électronographies, présente les structures cellulaires mises en jeu lors de la contraction musculaire.

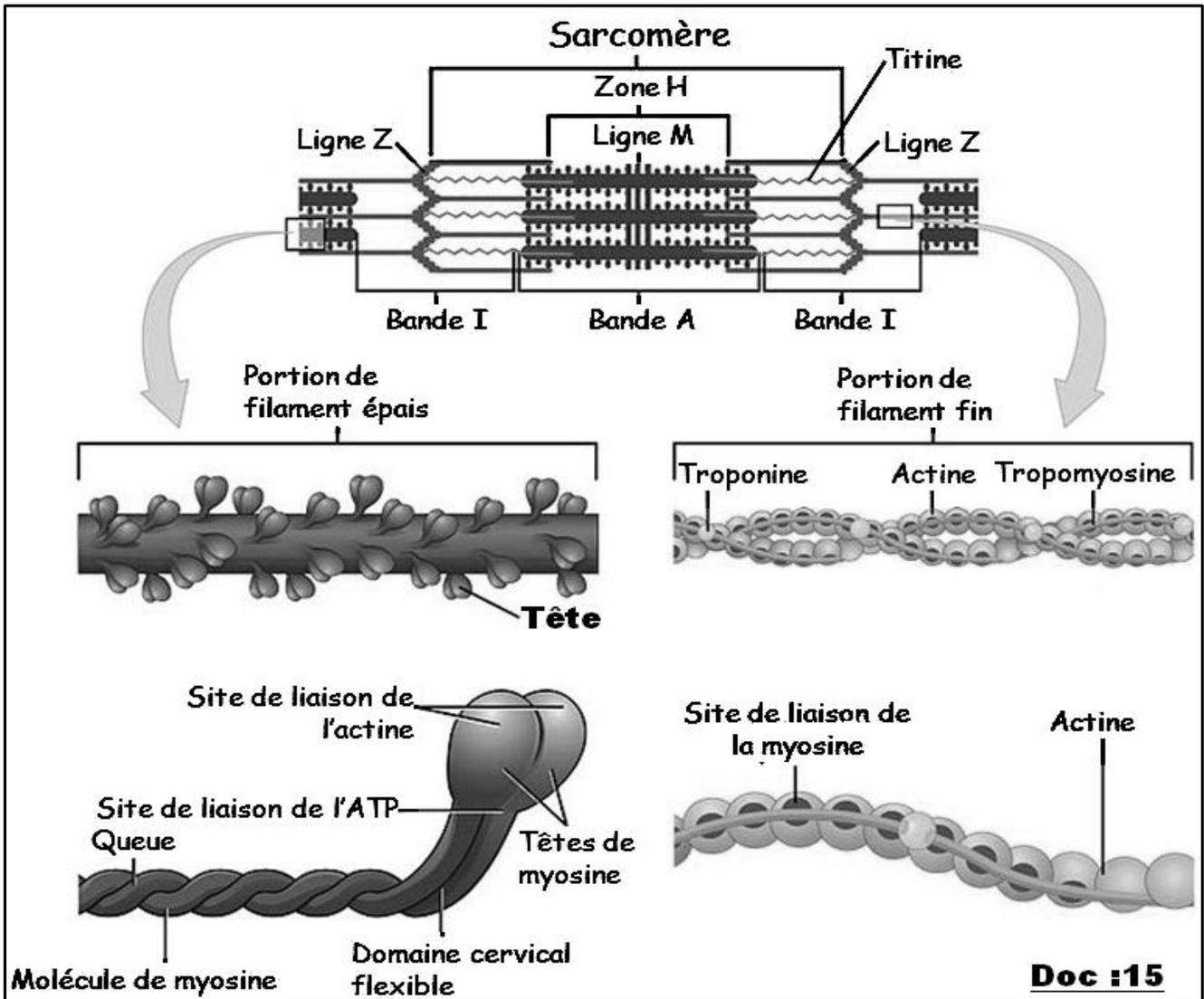
- 1- Annotez la Fig 1 proposée.
- 2- Décrivez la structure de la fibre musculaire et justifiez l'expression « muscle strié squelettique »



Disposition des fibres de myosine et des fibres d'actine dans un sarcomère



Reconstitution tridimensionnelle de l'organisation de la fibre musculaire



Mécanique de la contraction

Doc 16 : Des fibres musculaires au repos et des fibres musculaires en état de contraction ont été congelées brutalement. Puis leurs observation en microscope électronique ont permis la mise en évidence des modifications structurales responsables de la contraction musculaire au niveau des sarcomères. Le Doc 16 a présente deux électronographies de deux sarcomères : une à l'état de repos (Fig 1a) et une à l'état contracté (Fig 2a). Alors que (Fig 1b) présente le schéma d'interprétation de électronographie (Fig 1a) et (Fig 2b) présente le schéma d'interprétation de électronographie (Fig 1a)

<p>- Fig 1a - Sarcomère en état de relâchement</p>		<p>- Fig 1b -</p>
<p>- Fig 2a - Sarcomère en état de contraction</p>		<p>- Fig 2b -</p> <p>Dessins d'interprétation</p>

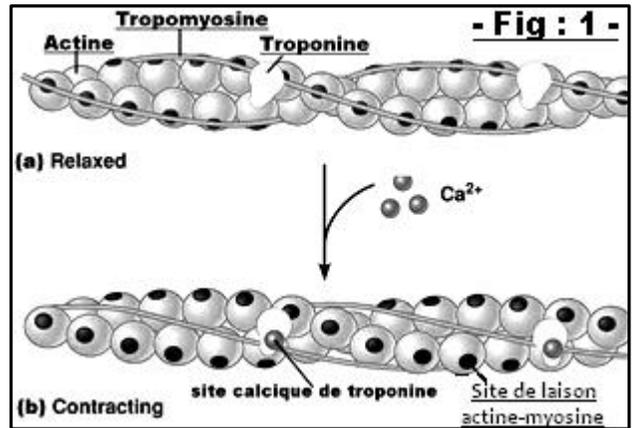
- 1- Comparez l'aspect des sarcomères au repos et en état de contraction et précisez les changements qui affectent la myofibrille au cours de la contraction ?
- 2- Que pouvez-vous déduire de cette comparaison ?

Les conditions de la contraction

Doc : 17 = Conditions de la contraction musculaire : Pour comprendre le mécanisme de la contraction. On réalise les observations et expériences suivantes :

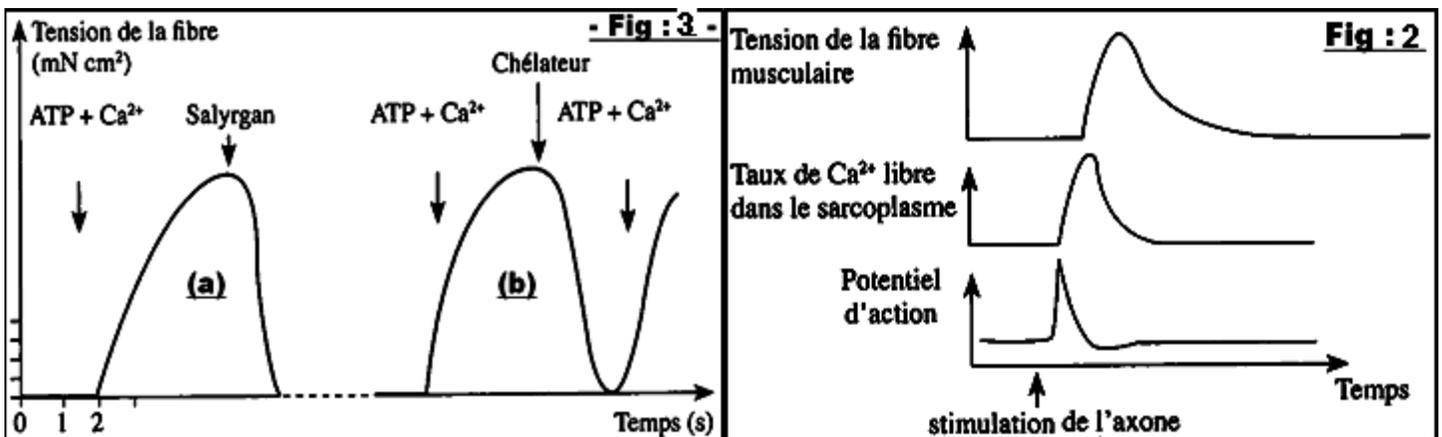
♦ **Expérience 1 :** L'injection d'ions calcium dans le hyaloplasme d'une fibre musculaire entraîne la contraction des myofibrilles. Et nous permet de schématiser la Figure :1.

♦ **Expérience 2 :** On cultive des fibres musculaires dans un milieu contenant du calcium radioactif. Par autoradiographie on constate que le calcium radioactif est dans le réticulum endoplasmique quand les fibres sont relâchées et dispersé dans le hyaloplasme quand les fibres sont contractées.



♦ **Expérience 3 :** Avec un dispositif expérimental adéquat, on peut enregistrer la contraction musculaire et le taux de Ca²⁺ libre dans le sarcoplasme qui l'accompagne. La figure 2 montre les résultats obtenus

♦ **Expérience 4:** Des myofibrilles isolées et placées dans un liquide riche en ATP et en Ca²⁺. On additionne au milieu, le salyrgan (un poison qui bloque l'hydrolyse de l'ATP) puis un chélateur (Une substance qui fixe les ions Ca²⁺ inhibant ainsi leur action) et on mesure la tension de la myofibrille. La figure 3 montre les résultats obtenus.



1- Analysez Les résultats obtenus pour chaque expérience et déduisez les conditions nécessaires à la contraction musculaire ?

Régénération de l'ATP dans la cellule musculaire :

Doc : 16 ; Avec un muscle isolé de grenouille, on fait les expériences suivantes :

Les résultats sont exprimés en milligrammes par gramme de muscle frais

Expériences	Observations	Eléments dosés	Résultats	
			Avant contraction	Après contraction
Expérience 1 : Excitation du muscle électriquement	Le muscle se contracte en pendant 3 minutes	glycogène	1,62	1,21
		acide lactique	1,5	1,95
		ATP	2	2
		phosphocréatine	1,5	1,5

Expérience 2 : On empoisonne le muscle par l'acide iodo-acétique, qui bloque la glycolyse	Le muscle se contracte néanmoins dans les mêmes conditions que précédemment	glycogène	1,62	1,62
		acide lactique	1,5	1,5
		ATP	2	2
		phosphocréatine	1,5	0,5
Expérience 3 : Au muscle empoisonné par l'acide iodo-acétique, on ajoute un inhibiteur d'une enzyme (la phosphocréatine-kinase) qui catalyse la réaction suivante ADP + phosphocréatine ⇌ créatine + ATP	Le muscle se contracte, normalement d'abord, puis s'arrête	glycogène	1,62	1,62
		acide lactique	1,5	1,95
		ATP	2	0
		phosphocréatine	1,5	1,5

NB : PC= phosphocréatine : un composé phosphoré riche en énergie et présent en abondance dans le muscle.
 C = créatine

Après avoir analysé chaque expérience, expliquez d'où vient l'énergie permettant de renouveler l'ATP ?

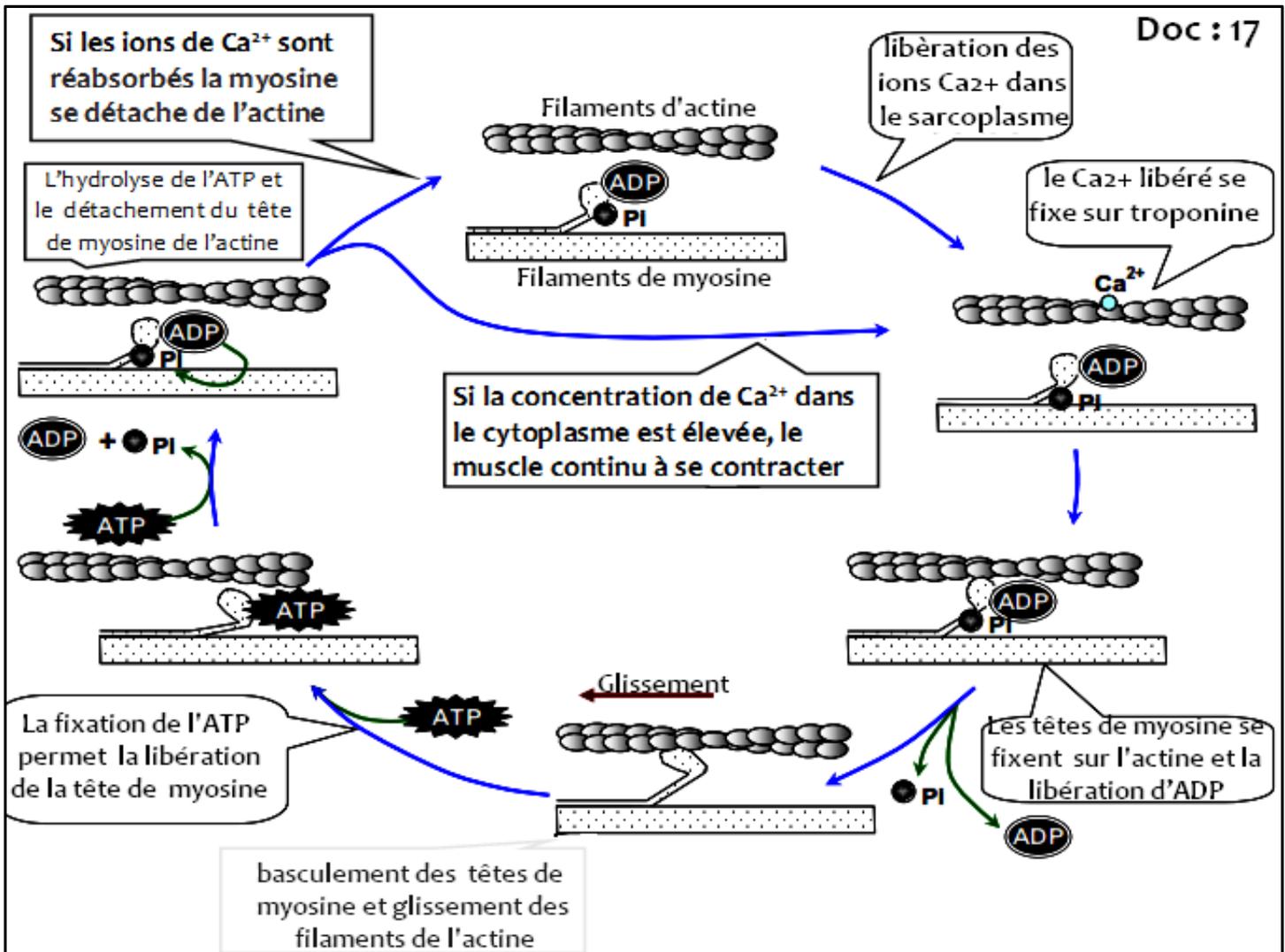
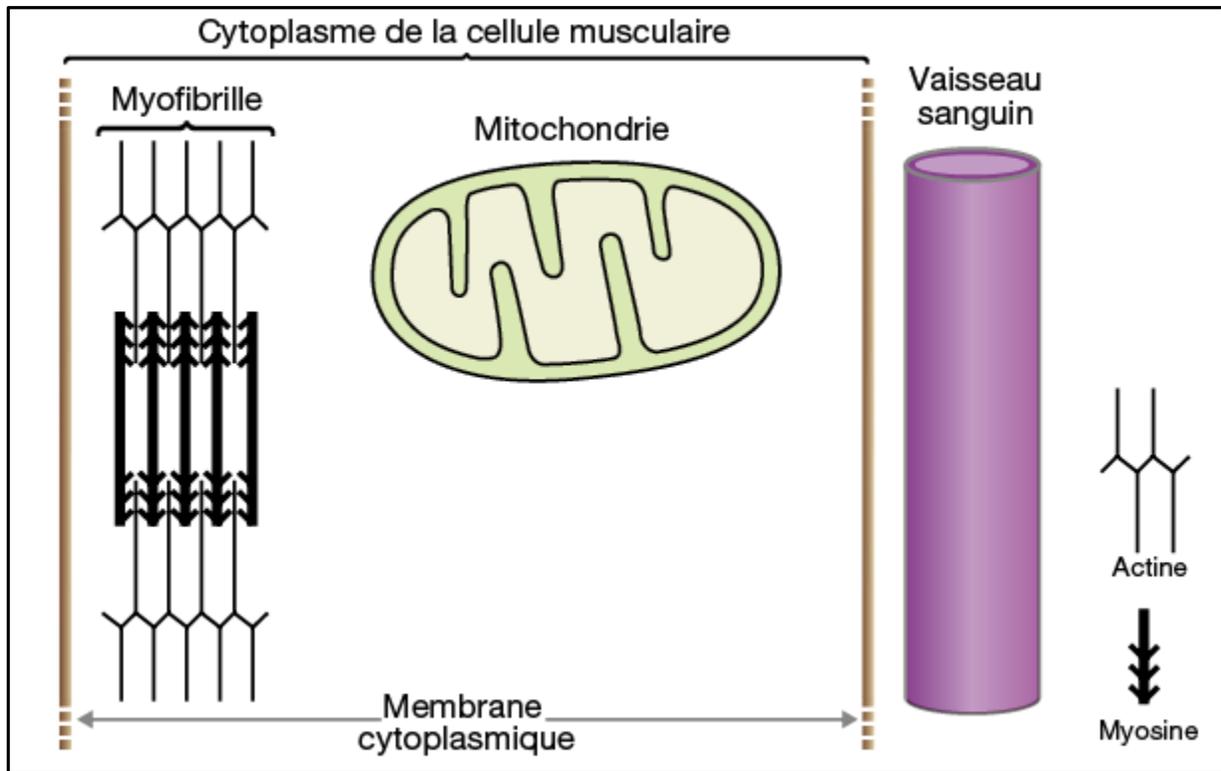


Schéma bilan

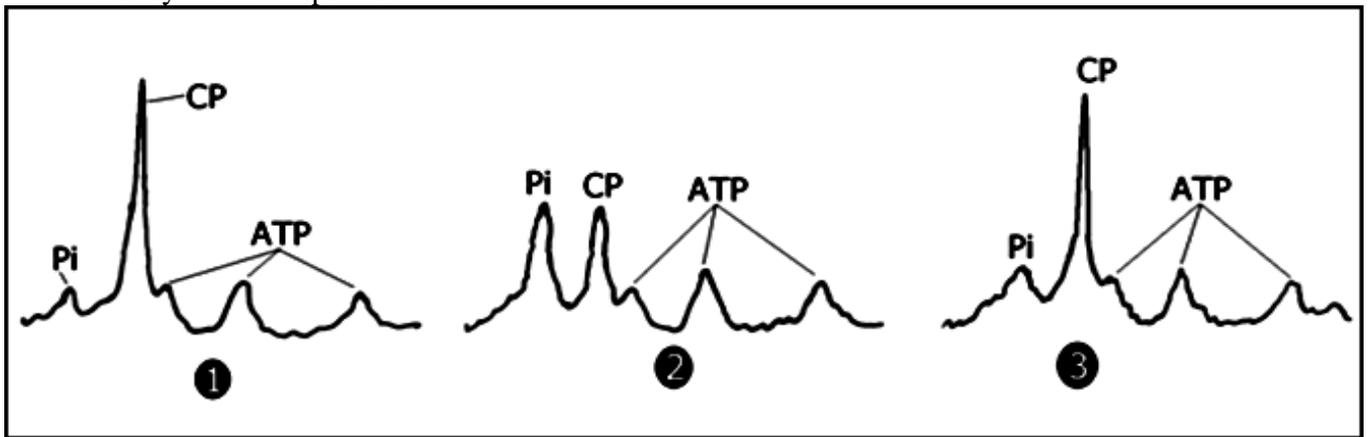


Exercice : Grâce aux techniques de la résonance magnétique nucléaire, on peut suivre l'évolution rapide des contractions d'ATP, de Pi et de la phosphocréatine (PC) au sein de la fibre musculaire.

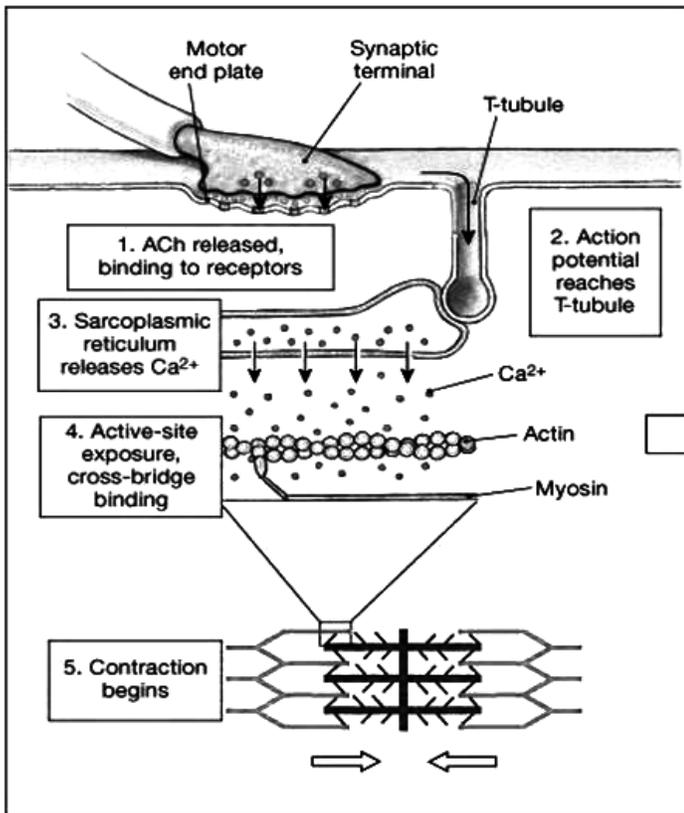
- ① Avant l'activité musculaire
- ② À la fin d'une activité musculaire intense
- ③ Après 4 minutes de repos

Les pics au niveau des enregistrements représentent les quantités respectives des trois substances. L'ATP est représentée par trois pics.

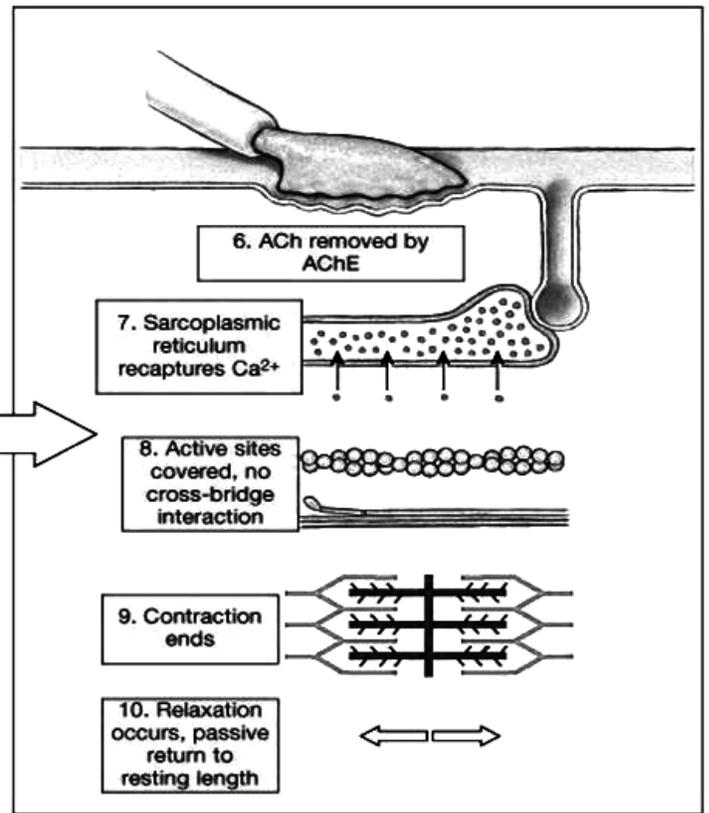
- Analyser et interpréter les résultats obtenus ?



1- Importance du message nerveux pour la contraction musculaire.



Steps in the initiation of a contraction



Steps that end the contraction

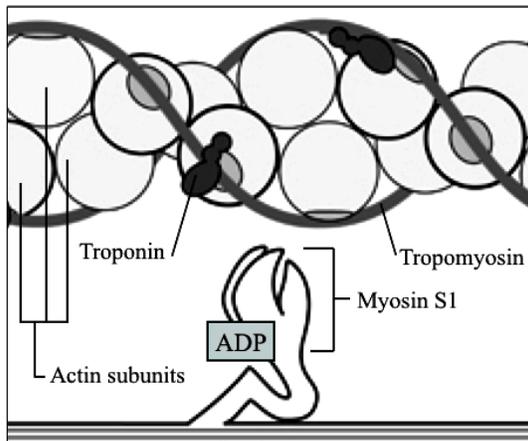


Fig. 1. At rest, the myosin S1, part of one of the many double-headed molecules that altogether comprise a thick filament, is “cocked” and ready with ADP.

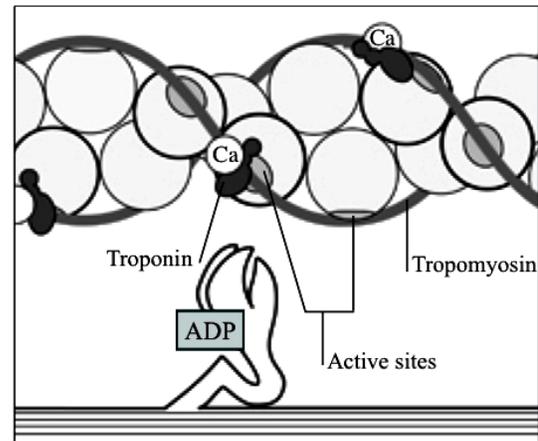


Fig. 2. When a nerve impulse meets a muscle fiber, calcium is released. The calcium binds to the troponin.

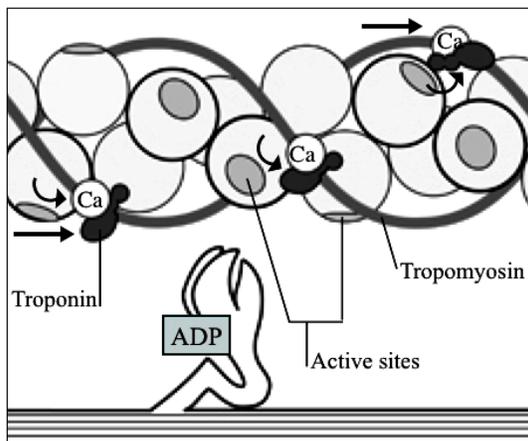


Fig. 3. Because of the conformational change caused by the binding of the calcium and troponin, the attached tropomyosin strands are nudged aside, thereby exposing active sites on the subunits of actin.

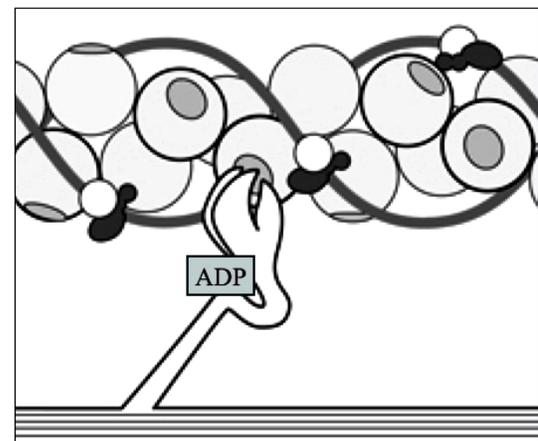


Fig. 4. When the active sites are exposed, the actin binding surface on the myosin S1 binds to the actin globule, forming a cross-bridge. This is tantamount to “grabbing” the actin strand in preparation for the power stroke.

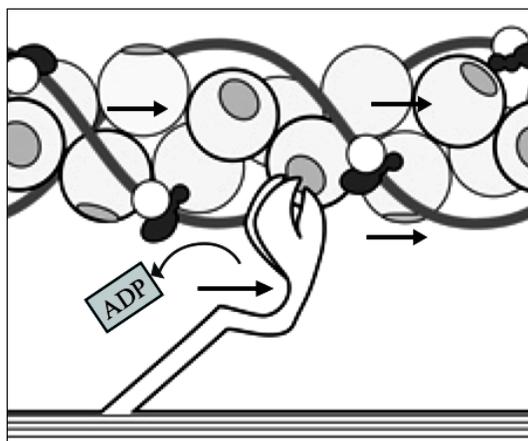


Fig. 5. The ADP in the myosin S1 gives the “lever arm” the energy it needs to propel the actin strand forward. Note that the angle of the myosin S1 to the actin strand does not change significantly.

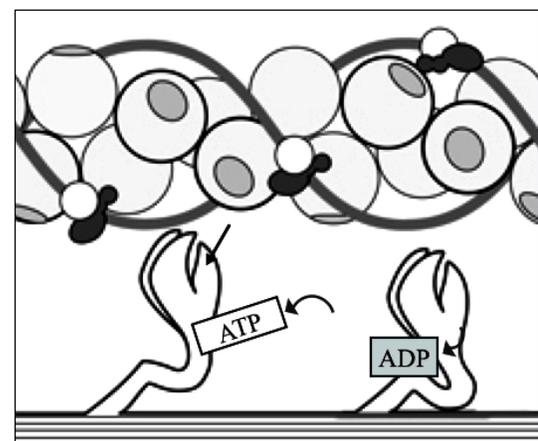


Fig. 6. The myosin S1 remains bound to the active site until a new molecule of ATP knocks them apart. The myosin S1 hydrolyzes ATP into ADP; the cycle can repeat from Fig. 4-Fig. 6 until the calcium is reabsorbed and equilibrium is achieved once more.