

Activité 1 : l'étude expérimentale de la contraction musculaire

Objectif :



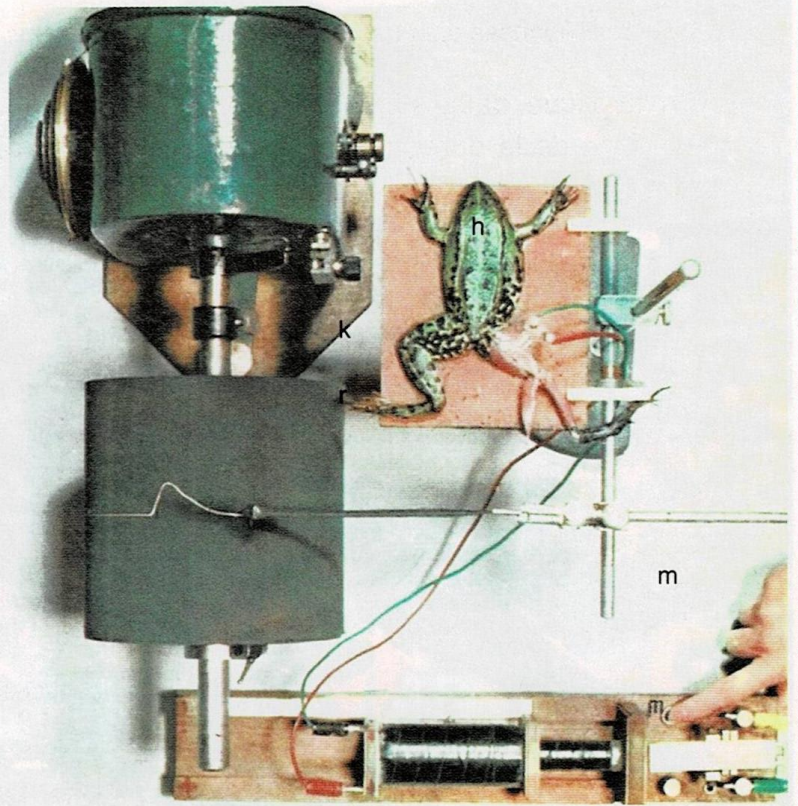
Les supports

Matériel :

Grenouille – myographe – ciseaux – pince – aiguille.

Étapes :

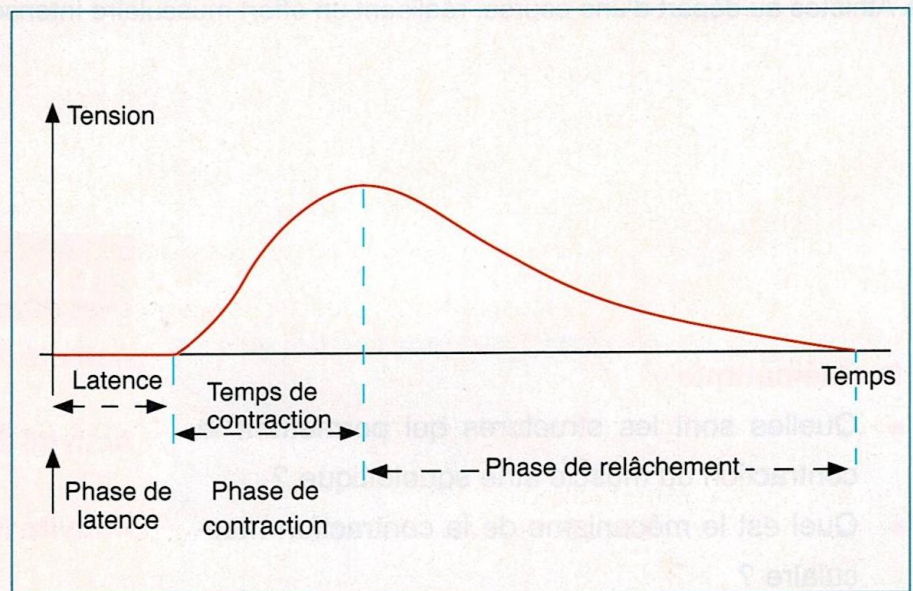
- ▶ Détruire l'encéphale et la moelle épinière de la grenouille ;
- ▶ Placer l'animal sur la planchette du myographe puis dégager le muscle gastrocnémien et le nerf sciatique d'une patte ;
- ▶ Sectionner le tendon inférieur du muscle et l'attacher à un fil solide du levier, l'autre tendon est fixé sur la planchette,
- ▶ Exciter électriquement le nerf sciatique (excitation indirecte) ou le muscle directement.
- ▶ Observer le résultat.



▲ Doc 1 : Fiche technique d'étude expérimentale de la contraction musculaire.

Une stimulation efficace et unique du muscle strié squelettique permet d'obtenir l'enregistrement ci-contre, appelée secousse musculaire. L'analyse de la secousse musculaire permet de distinguer trois phases :

- ▶ Phase de latence
- ▶ Phase de contraction
- ▶ Phase de relâchement

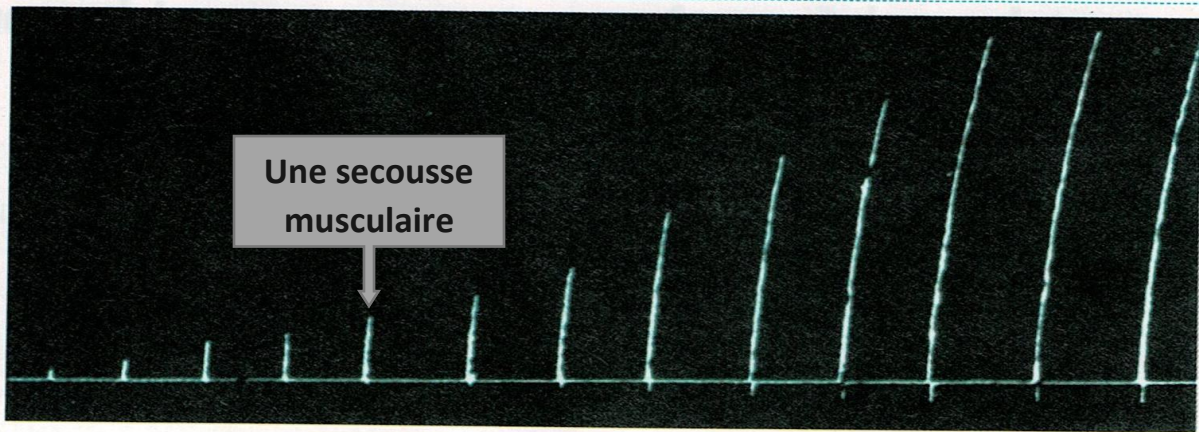


▲ Doc 2 : Réponse du muscle à une stimulation efficace.

Les consignes

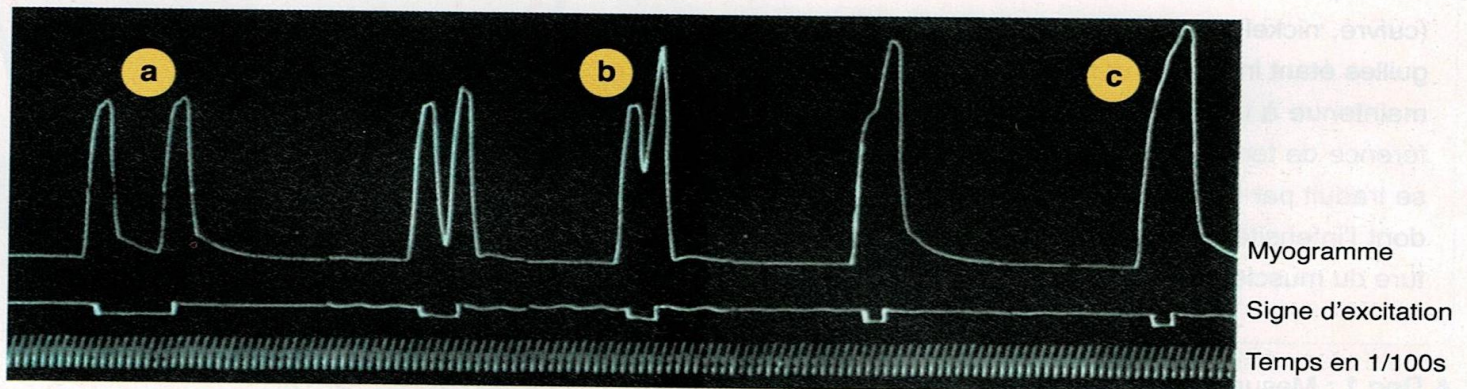
1. L'expérience représentée dans le document 1 met en évidence 2 caractéristiques du muscle squelettique strié, quel sont ces caractéristiques?
2. Décrire l'enregistrement obtenu après l'excitation du muscle (document 2).





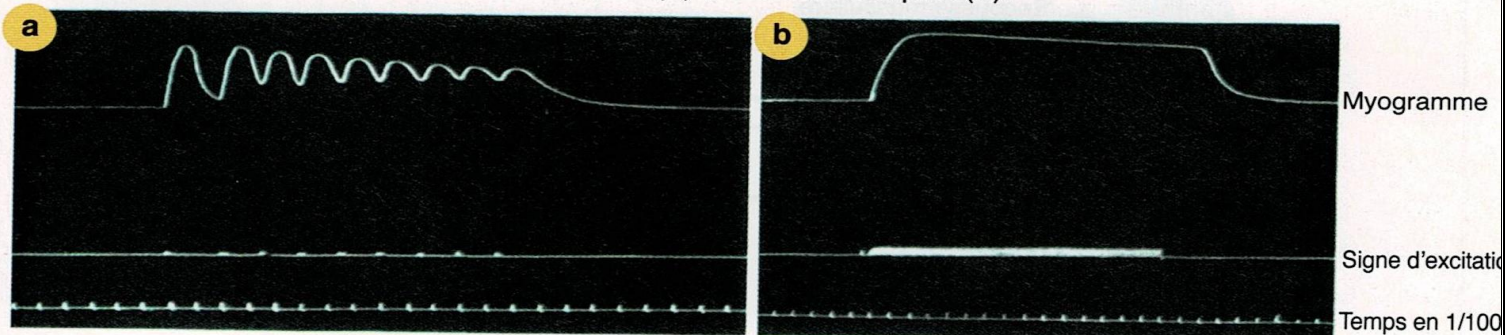
▲ **Doc 3** : Réponses du muscle à des stimulations d'intensité croissante.

On applique deux stimulations efficaces successives, de même intensité sur un muscle avec la variation de la durée séparant les deux stimulations (20 ms, 30 ms, 40 ms, 50 ms et 90 ms). Les résultats obtenus permettent de distinguer trois types d'enregistrements : deux secousses isolées (a) fusion incomplète (b), fusion complète (c).



▲ **Doc 4** : Réponses du muscle à deux stimulations successives de même intensité.

On applique plusieurs stimulations efficaces successives, de même intensité sur un muscle avec la variation de la durée séparant les stimulations. Les résultats obtenus permettent de distinguer deux types d'enregistrements : téтанos incomplet (a) ; téтанos complet (b).



▲ **Doc 5** : Réponses du muscle à des stimulations successives de même intensité.

Les consignes

1. Décrire l'enregistrement représenté dans le document 3, et déduire la relation entre l'intensité de l'excitation et l'amplitude des secousses musculaires.
2. Décrire l'enregistrement représenté dans le document 4 et déduire la relation entre le temps qui sépare deux excitations et l'aspect des secousses obtenues.
3. L'enregistrement représenté dans document 5, figure (a) est appelé le téтанos incomplet et celui représenté dans la figure (b), le téтанos complet. Proposer une définition pour ces deux enregistrements.

Activité 2 : les phénomènes accompagnant la contraction musculaire

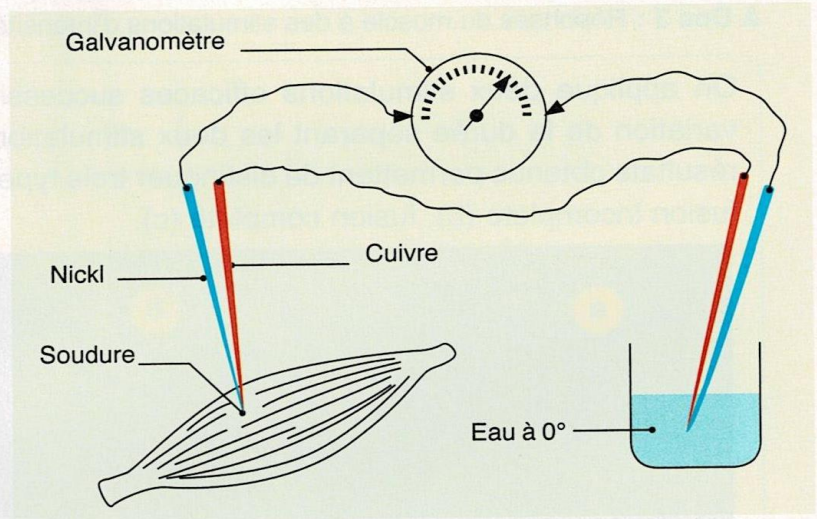
Objectif :



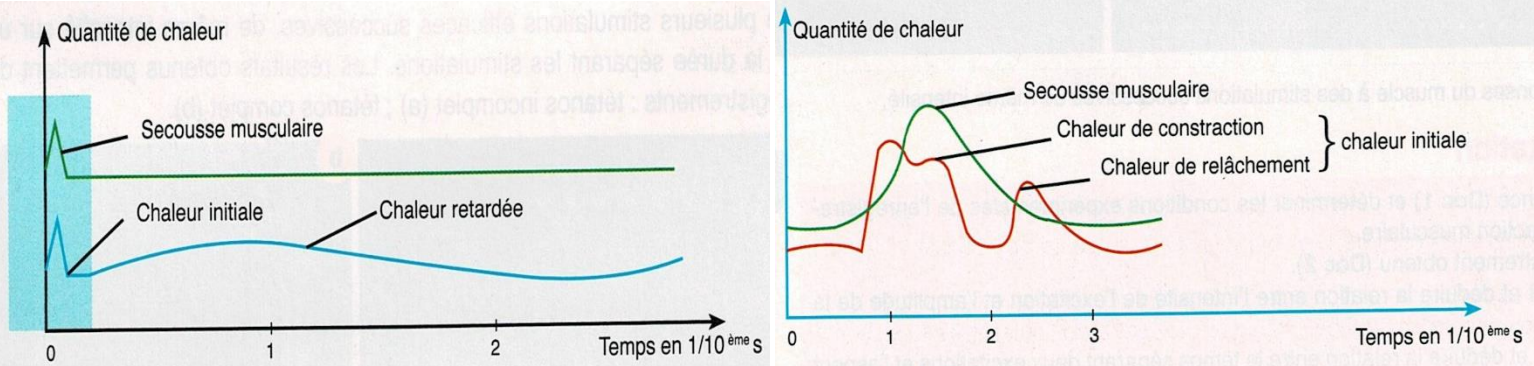
Les supports

Il est bien connu qu'un exercice musculaire 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 thermoélectriques, formées de deux métaux différents (cuivre, nickel) soudés bout à bout. Une des aiguilles étant introduite dans le muscle, l'autre est maintenue à une température constante. La différence de température entre les deux soudures se traduit par la production de courant électrique dont l'intensité est proportionnelle à la température du muscle.



▲ **Doc 1** : Mesure de la température au moyen d'aiguilles thermoélectriques (thermopile).



▲ **Doc 2** : Enregistrement de phénomènes thermiques accompagnant la contraction musculaire.

Muscle au repos			Muscle lors d'un effort intense	
	Sang entrant dans le muscle	Sang sortant du muscle	Sang entrant dans le muscle	Sang sortant du muscle
Dioxygène	20 mL	16 mL	20 mL	2 mL
Dioxyde de carbone	50 mL	53 mL	50 mL	67 mL
Nutriment (glucose)	90 mg	87 mg	90 mg	50 mg

▲ **Doc 3** : Teneur en dioxygène, en dioxyde de carbone et en nutriments du sang entrant et sortant d'un muscle, au repos et lors d'un effort intense. Les mesures sont données pour 100 mL de sang.

Les consignes

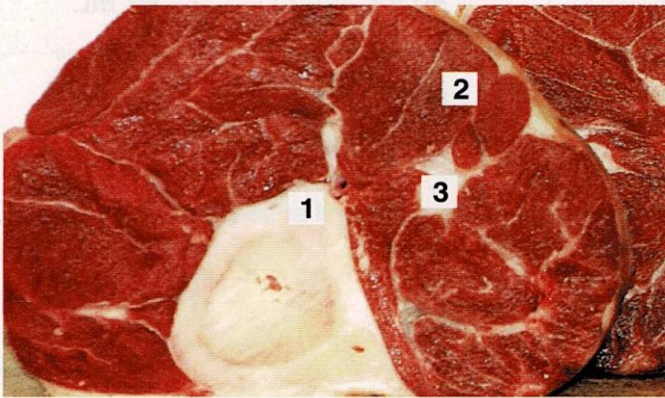
1. A partir des données des documents 1 et 2, dégager les différents types de chaleurs dégagées au cours de l'activité musculaire.
2. Comparer les résultats obtenus au repos et lors d'un effort musculaire. Interprétez ces résultats.

Activité 3 : La structure et l'ultrastructure du muscle squelettique strié

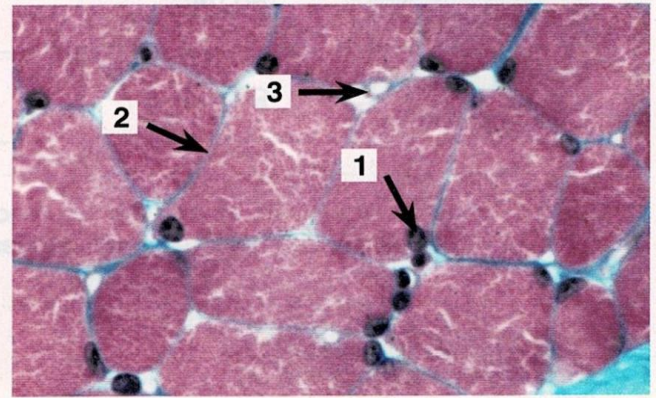
Objectif :



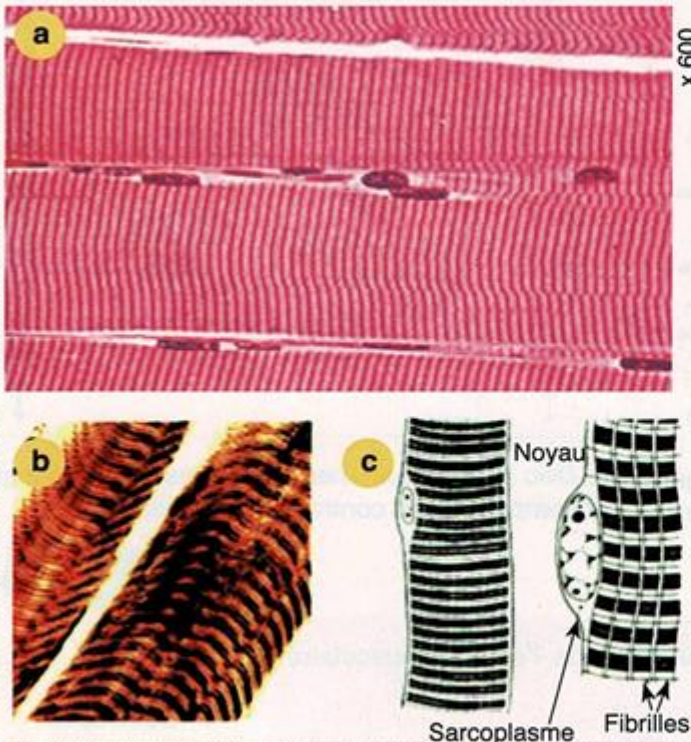
Les supports



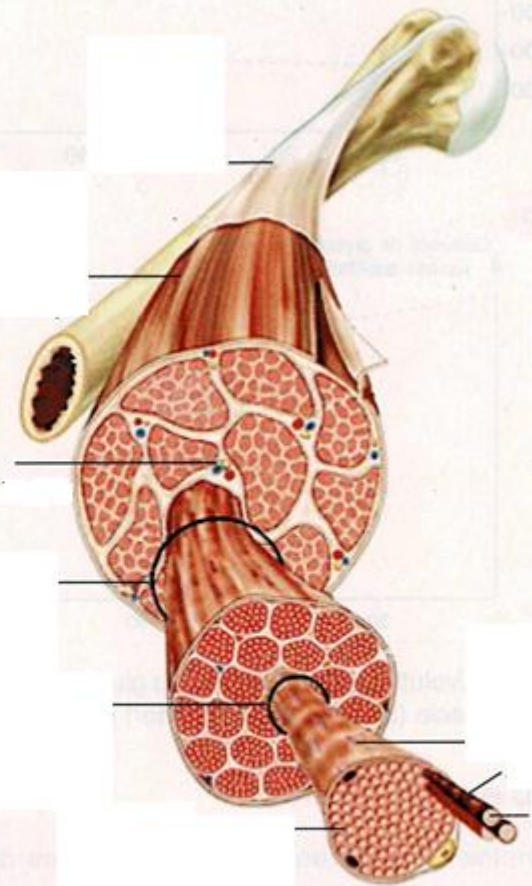
▲ **Doc 1** : Coupe transversale des muscles dans une jambe de bœuf.



▲ **Doc 2** : Observation microscopique d'une coupe transversale de muscle strié squelettique.



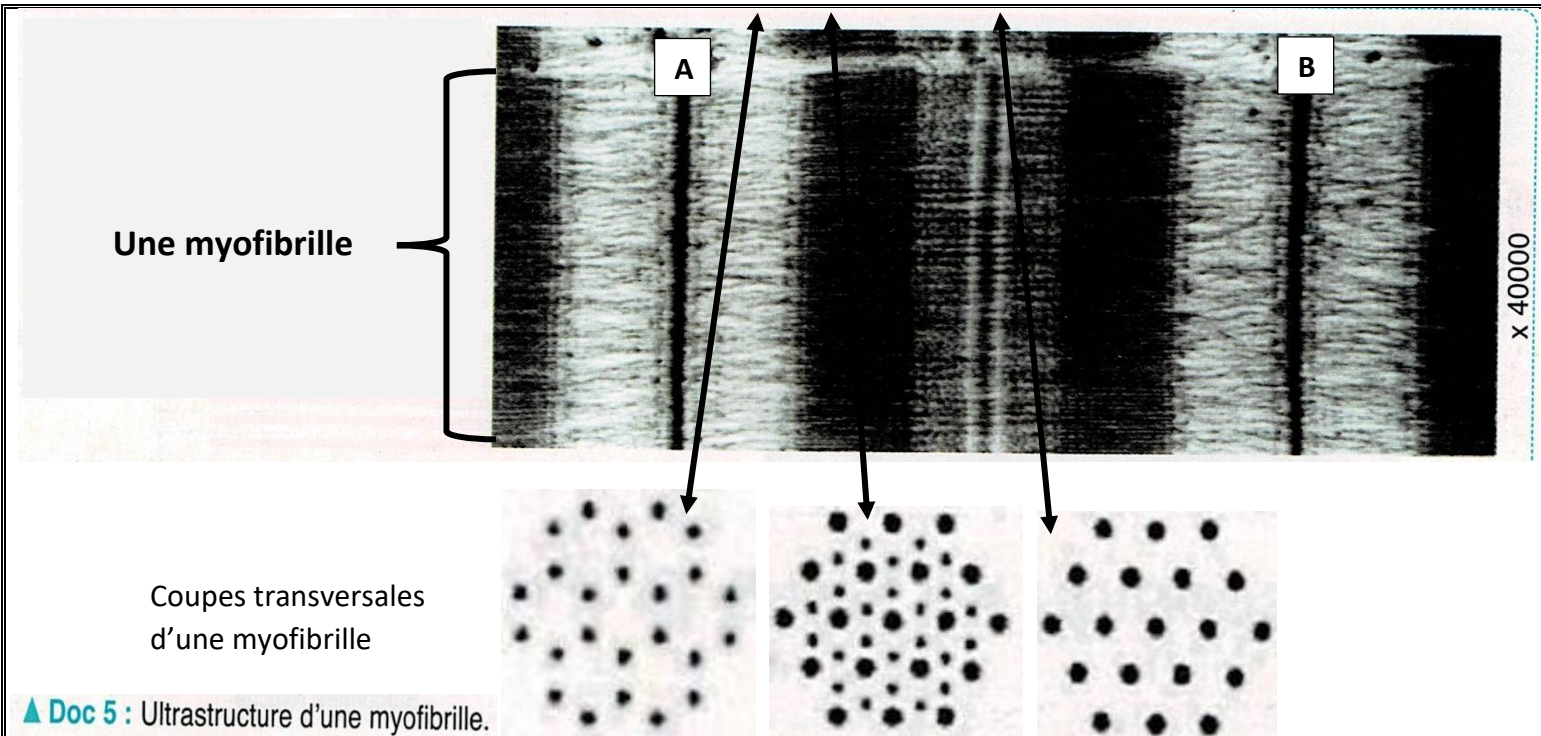
▲ **Doc 3** : Observation microscopique d'une coupe longitudinale du muscle strié (a), de fibres musculaire (b) et d'une portion de fibre très grossie (c).



▲ **Doc 4** : Du muscle à la fibre musculaire.

Les consignes

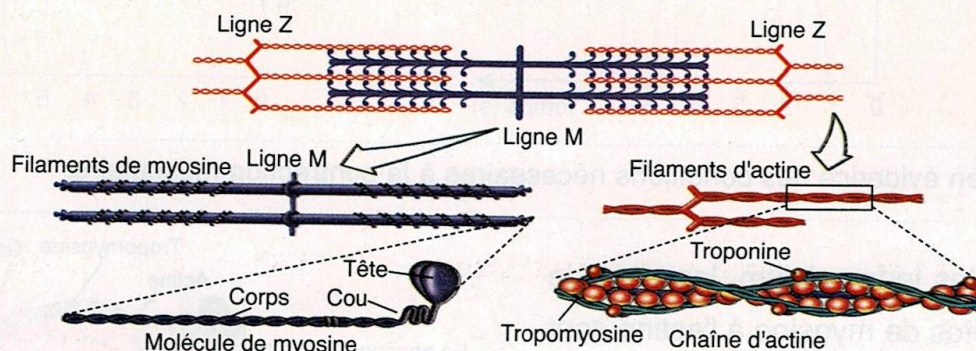
1. Nommer les structures représentées dans les documents 1 et 2, et décrire la structure du muscle squelettique strié.
2. À partir du document 3, décrire la structure de la fibre musculaire.
3. Nommer les structures représentées dans le document 4, et rédiger un texte résumant la structure du muscle.



▲ Doc 5 : Ultrastructure d'une myofibrille.

Les filaments épais de myosine ont un diamètre d'environ 15 nm. La molécule de myosine est constituée d'une queue et de deux têtes globulaires.

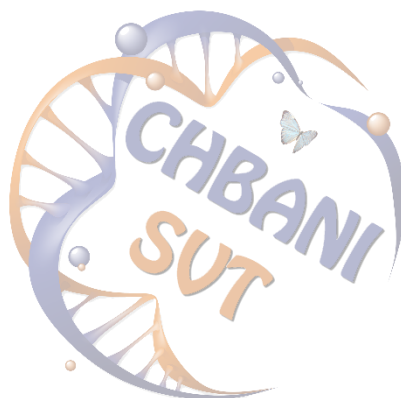
Les filaments fins d'actine ont un diamètre d'environ 7 nm, sont constitués de trois types de molécules : l'actine, la tropomyosine et la troponine.



Doc 6 : Structure moléculaire des myofilaments.

Les consignes

4. A partir des résultats des coupes transversales (document 5), dessiner la structure de comprise entre A et B.
5. En exploitant les données du document 6, décrire la composition moléculaire des myofilaments.



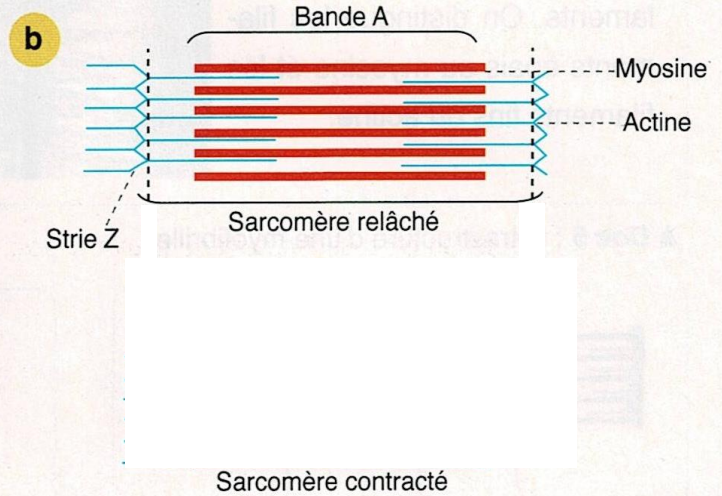
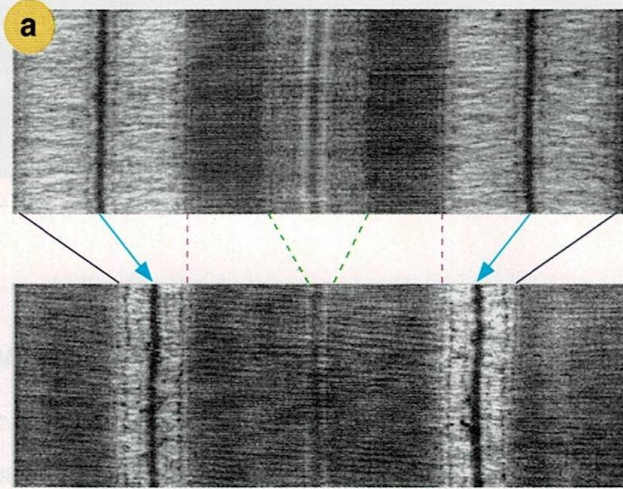
Activité 4 : le mécanisme de la contraction musculaire.

Partie 1 : l'aspect du sarcomère au cours de la contraction musculaire



Objectif :

Les supports



▲ **Doc 1** : Sarcomère contracté et sarcomère relâché. a : Observation microscopique ; b : Schéma d'interprétation.

Les consignes

1. A partir de la figure (a), comparer le sarcomère relâché et le sarcomère contracté.
2. Réaliser un dessin d'un sarcomère contracté (sur le document ci-dessus) pour expliquer les modifications qui affectent le sarcomère au cours de la contraction musculaire.

Activité 4 : le mécanisme de la contraction musculaire.

Partie 2 : les conditions nécessaires à la contraction musculaire



Objectif :

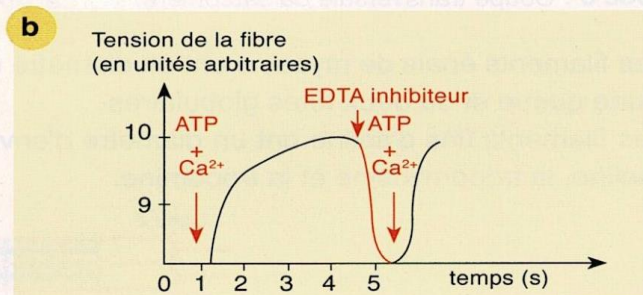
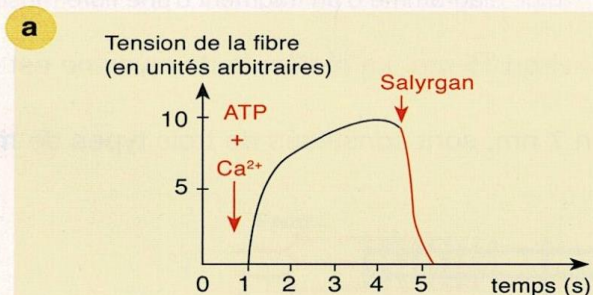
Les supports

Des myofibrilles musculaires sont fraîchement isolées. On les place dans un dispositif permettant d'estimer leur capacité de se contracter, contenant de l'ATP et du Ca^{2+} . Pour mesurer leur état de contraction (tension) dans différentes conditions, on réalise les deux expériences suivantes :

Expérience a : en présence ou en absence de salyrgan, poison bloquant l'hydrolyse de l'ATP.

Expérience b : en présence ou en absence d'un chélateur du calcium. C'est une substance qui fixe les ions calcium, bloquant ainsi leur action.

Les résultats des expériences sont présentés ci-dessous :



▲ **Doc 2** : Mise en évidence des conditions nécessaires à la contraction musculaire.

Les consignes

Les expériences a et b montrent que le contraction musculaire nécessite 2 éléments, les ions Ca^{2+} et l'ATP. A partir des résultats de ces expériences, justifiez cette réponse.

Activité 4 : le mécanisme de la contraction musculaire.

Partie 3 : les étapes de la contraction musculaire.

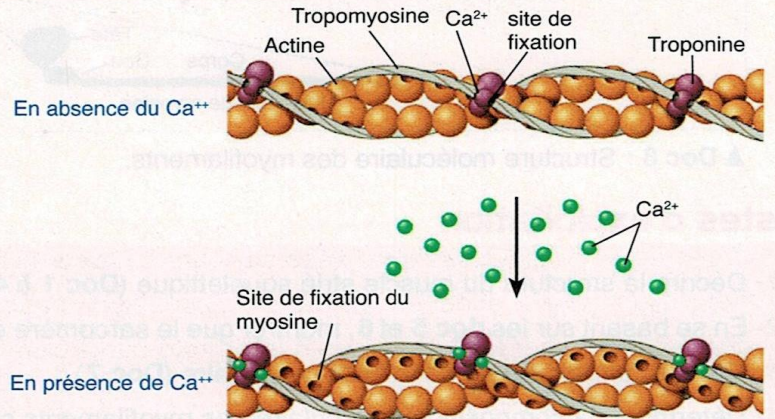


Objectif :

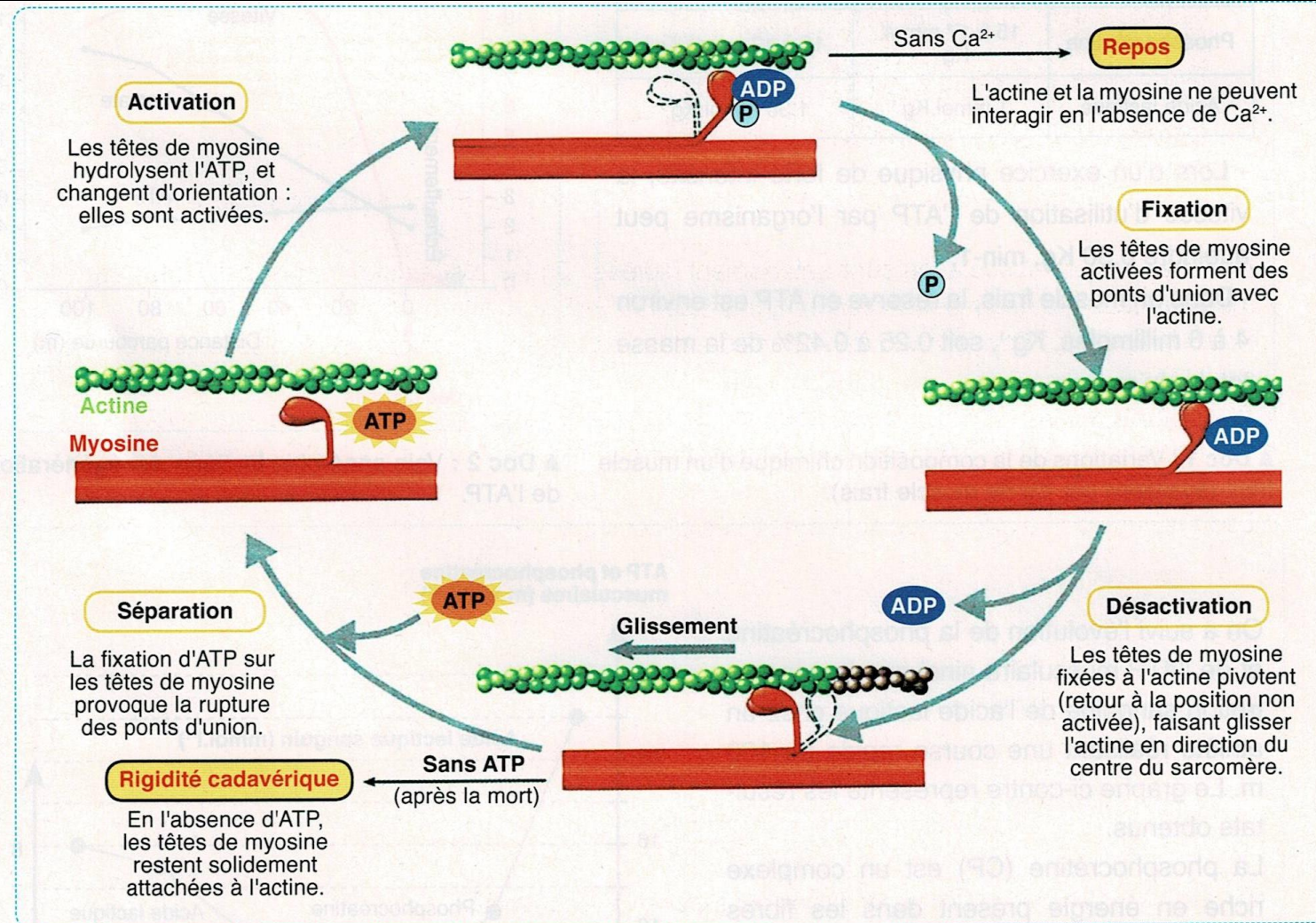
Les supports

En absence des ions calcium, les sites de fixation des têtes de myosine à l'actine sont masquées par la tropomyosine.

En présence du calcium dans le sarco-
plasme, les sites de fixation des têtes de
myosine sont libérées suite à la fixation du
calcium sur la troponine.



▲ Doc 3 : Rôle du calcium dans la formation du complexe actomyosine.



▲ Doc 5 : Mécanisme de la contraction musculaire.

Les consignes

1. En se basant sur les données du document 4, montrer le rôle des ions Ca^{2+} dans la contraction musculaire.
2. Le document 2 montre que l'ATP a deux rôles dans la contraction musculaire, dégagez ces deux rôles.
3. À partir des données du document 4, décrire les étapes de la contraction musculaire.

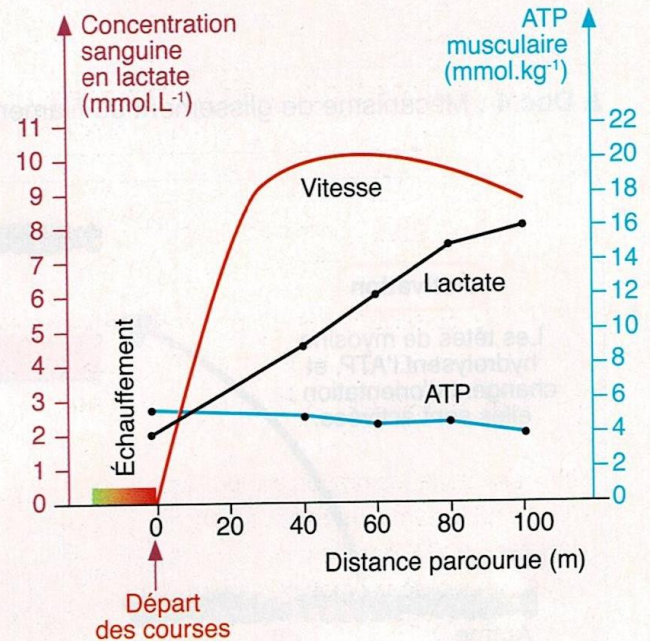
Activité 4 : les voies de régénération d'ATP nécessaire à la contraction musculaire

Objectif :

Les supports

Constituants chimiques	Avant contraction	Après contraction
Glycogène	10,8 g.Kg ⁻¹	8 g.Kg ⁻¹
ATP	4 à 6 mmol.Kg ⁻¹	4 à 6 mmol.Kg ⁻¹
Phosphocréatine	15 à 17 mmol.Kg ⁻¹	15 à 17 mmol.Kg ⁻¹
Acide lactique	1 mmol.Kg ⁻¹	1.30 mmol.Kg ⁻¹

- Lors d'un exercice physique de forte intensité, la vitesse d'utilisation de l'ATP par l'organisme peut atteindre 0.50 Kg. min⁻¹.
- Dans un muscle frais, la réserve en ATP est environ 4 à 6 millimoles. Kg⁻¹, soit 0.25 à 0.42% de la masse totale du muscle.

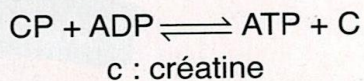


▲ **Doc 1 :** Variations de la composition chimique d'un muscle frais (évaluées par Kg de muscle frais).

▲ **Doc 2 :** Voie anaérobie lactique de régénération de l'ATP.

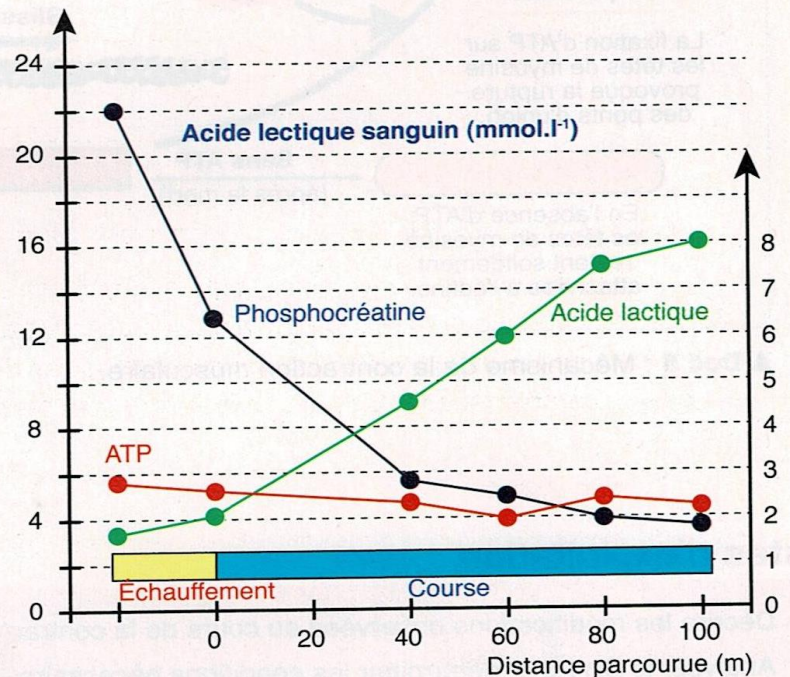
On a suivi l'évolution de la phosphocréatine et de l'ATP musculaire ainsi que la concentration sanguine de l'acide lactique chez un athlète réalisant une course rapide de 100 m. Le graphe ci-contre représente les résultats obtenus.

La phosphocréatine (CP) est un complexe riche en énergie présent dans les fibres musculaires. Elle réagit avec l'ADP selon la réaction suivante :



▲ **Doc 3 :** Voies anaérobies de régénération d'ATP.

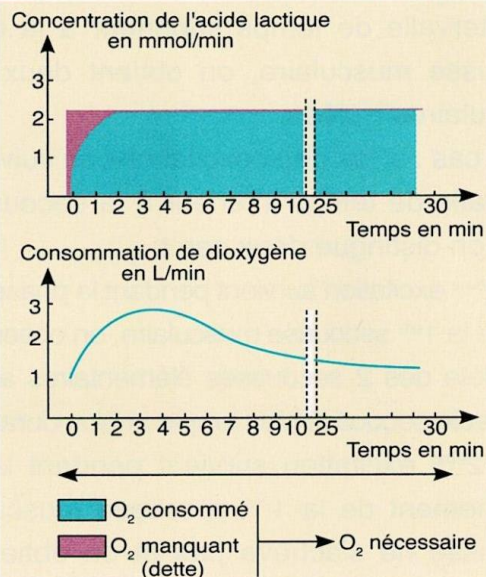
ATP et phosphocréatine musculaires (mmol.L⁻¹)



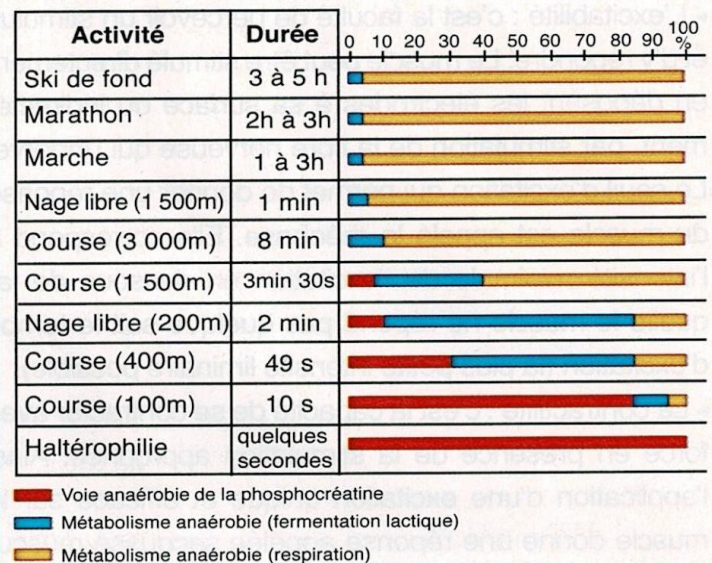
Les consignes

1. À partir du document 1, comparer les constituants chimiques avant et après la contraction musculaire. Que peut-on déduire à propos de la concentration d'ATP dans le muscle.
2. En se basant sur le document 1 et 2 montrer que le muscle utilise la fermentation lactique.
3. À partir des données du document 3, montrer quand le muscle utilise la phosphocréatine pour régénérer l'ATP.

Activité 4 : les voies de régénération d'ATP nécessaire à la contraction musculaire (suite)



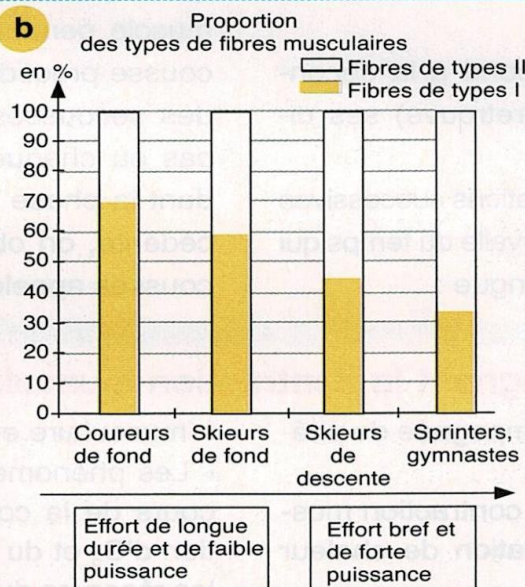
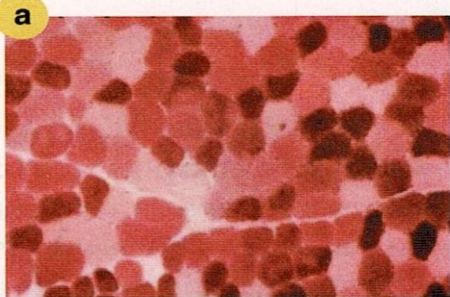
▲ **Doc 4** : Évolution de la consommation d'O₂ et de la concentration sanguine en acide lactique au cours d'une course de longue distance chez une personne de 70 kg.



▲ **Doc 5** : Les besoins énergétiques selon le type d'activité musculaire.

L'intensité de la coloration traduit l'activité d'une enzyme intervenant dans la production d'ATP par les mitochondries. On y distingue deux types principaux de fibres musculaires :

- Les fibres de type I, de couleur foncée, à forte activité enzymatique ;
- Les fibres de type II, de couleur claire, à faible activité enzymatique.



	Fibres de type I	Fibres de type II
Réserves de glycogène	++	+++
Densité en myofibrilles	++	+++
Mitochondries	+++	+
Densité en capillaires sanguins	+++	+
Myoglobine	+++	+
Vitesse de contraction	+	+++
Force développée	+	+++
Fatigabilité	+	++
Volume	+	+++

▲ **Doc 6** : Types de fibres musculaires et leurs caractéristiques.

a : Coupe transversale d'un muscle squelettique observé au microscope optique (x 400).

b : Proportion des deux types de fibres dans les muscles de sportifs ayant des spécialités différentes.

c : Quelques caractéristiques des deux types de fibres musculaires.

Les consignes

- À partir du document 4, montrer que le muscle utilise la respiration cellulaire.
- En se basant sur les réponses aux questions 2, 3 et 4, résumez les différentes voies métaboliques utilisées dans le muscle pour régénérer l'ATP nécessaire à la contraction musculaire.
- À partir du document 5, déterminer la voie utilisée pour le ski du fond, course 3000m et l'haltérophilie. Pourquoi ces activités n'utilisent pas la même voie ?
- À partir de l'exploitation du document 6,
 - Décrire la variation de la concentration de ces fibres selon l'activité musculaire. (Figure b)
 - Déduire la voie métabolique utilisée par chaque type des fibres (Figure c)
 - Expliquer la variation de la concentration des fibres de type I et II selon l'activité musculaire.

