

FONCTIONNEMENT DU MUSCLE STRIE SQUELETTIQUE

EXERCICE 1

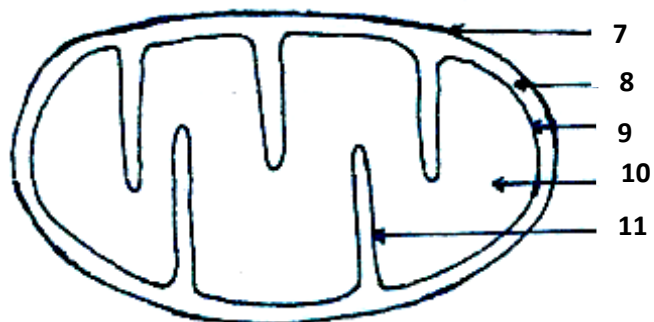
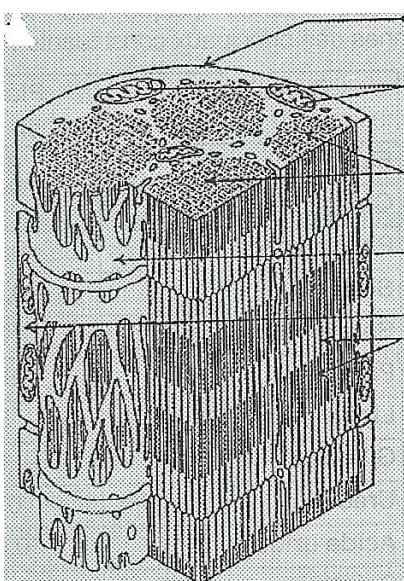
Les affirmations suivantes sont relatives au fonctionnement du muscle strié squelettique

- 1- la glycolyse se produit dans les mitochondries.
- 2- la contraction musculaire s'enregistre grâce à un montage appelé myogramme.
- 3- L'électromyogramme déclenche le myogramme.
- 4- au niveau de la zone H, il y a des filaments d'actine et de myosine
- 5- les filaments de myosine se trouvent uniquement dans le disque sombre.
- 6- la respiration débute dans le hyaloplasme et s'achève dans la mitochondrie.
- 7- la contraction musculaire est due au raccourcissement des myofilaments (actine et myosine).
- 8- l'acide lactique est produit en absence d'oxygène.
- 9- durant la contraction musculaire, le disque sombre reste intact.
- 10- plusieurs excitations musculaires produisent un tétanos parfait lorsque les unes interviennent pendant la phase de relâchement des autres.
- 11- la contraction musculaire nécessite la présence d'ions Ca^{2+} et l'ATP.
- 12- la respiration est une voie rapide de restauration de l'ATP.
- 13- la fermentation est une voie lente de restauration de l'ATP.
- 14- les filaments de myosine se trouvent uniquement dans le disque sombre.
- 15- la fermentation se déroule entièrement dans le hyaloplasme.
- 16- au cours de la respiration, la mitochondrie utilise directement le glucose.

Réponds par vrai ou faux à chacune des affirmations en utilisant les chiffres.

EXERCICE 2

Pour t'aider à connaître fonctionnement du muscle strié squelettique, ton professeur de SVT te propose les schémas d'un organite et d'une fibre musculaire et la liste suivante : **myofilaments (actine, myosine), crête, myofibrilles, sarcolemme, sarcoplasme, espace intermembranaire, mitochondrie, ultrastructure d'une mitochondrie, matrice, membrane externe, réticulum, membrane interne.**

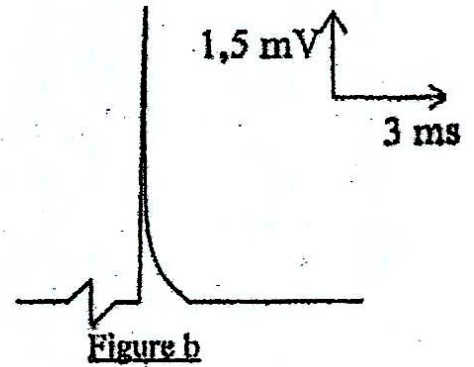
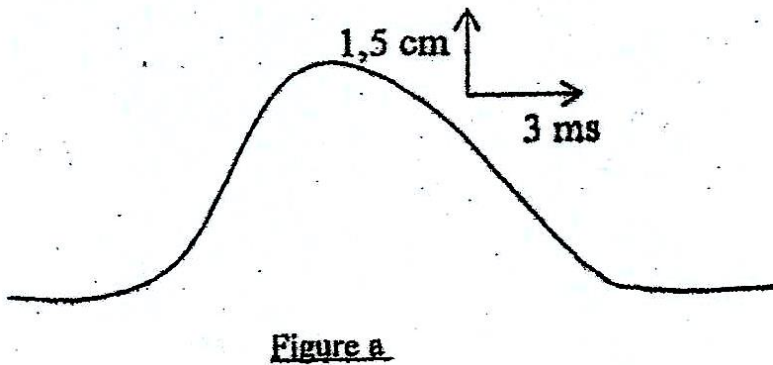


12

Associe chaque chiffre au nom correspondant dans la liste ci-dessus.

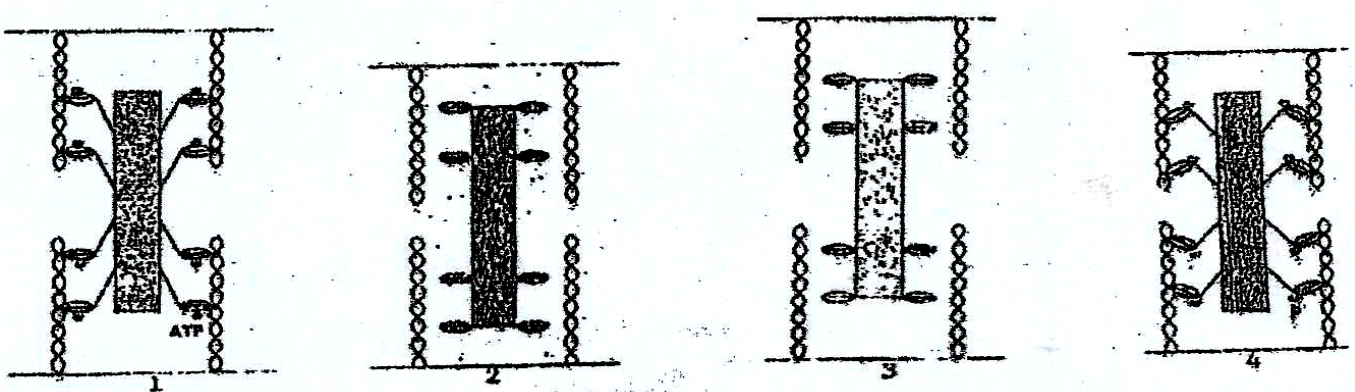
EXERCICE 3

Dans le cadre de la préparation d'un exposé sur le fonctionnement du muscle strié squelettique, un groupe d'élèves de TD découvre dans un manuel de SVT les figures a et b suivantes représentant des enregistrements effectués sur une fibre musculaire strié squelettique.



- 1- Nomme ces enregistrements
- 2- Reproduis-les dans le même repère en tenant compte de l'ordre du déroulement des deux phénomènes ou événements (en établissant la relation qui les lie) sans tenir compte de l'échelle.
- 3- Nomme le phénomène mécanique illustré par ces enregistrements.

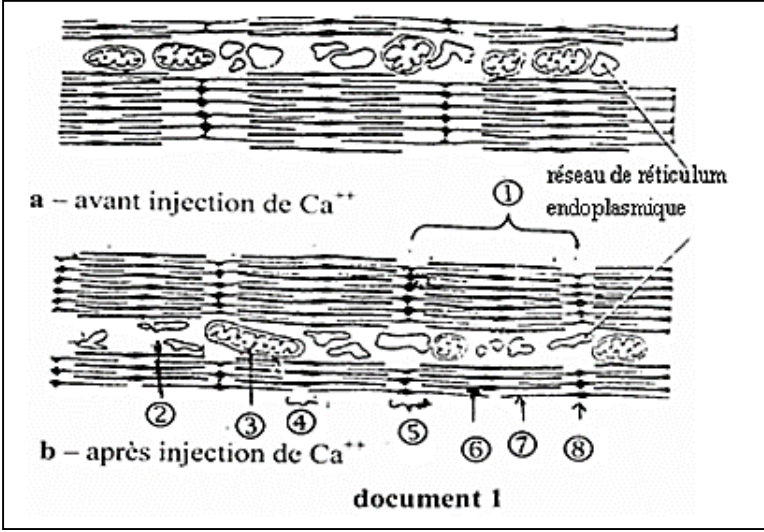
Ce phénomène mécanique est représenté en désordre par les figures 1, 2,3 et 4 ci- dessous.



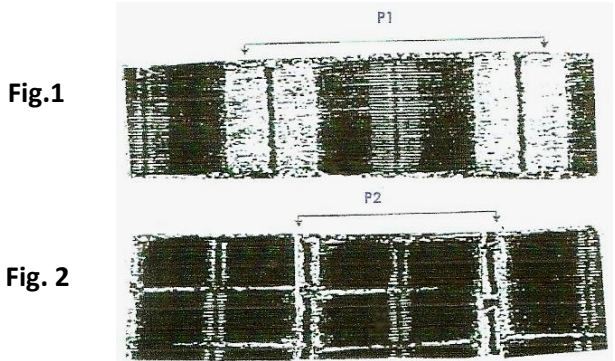
- 4)
 - a) Rétablis l'ordre chronologique du déroulement de ce phénomène mécanique, à l'aide des chiffres.
 - b) Identifie chaque phase de ce phénomène mécanique correspondant à chaque chiffre.
 - c) Explique, à partir du document ci-dessus et de tes connaissances, chaque phase de ce phénomène mécanique en respectant l'ordre chronologique du déroulement de ce phénomène.

EXERCICE 4

Pour comprendre le mécanisme du fonctionnement du muscle, l'expérience suivante a été réalisée: du calcium est injecté directement au niveau de la fibre musculaire. Les résultats obtenus (modifications anatomiques) sont représentés par le **document 1**



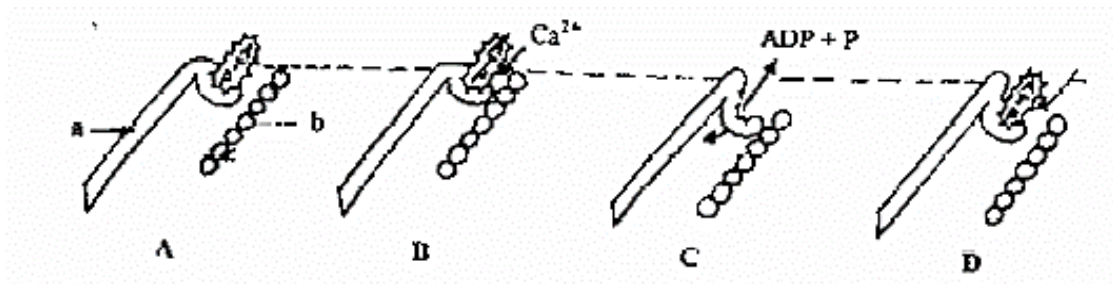
- 1- Annote le **document 1** en utilisant les chiffres portés sur les schémas.
- 2- Décris l'effet de l'injection du calcium sur la fibre musculaire.
- 3- La réaction de la fibre musculaire et l'action du calcium nécessite de l'énergie qui est fournie à la cellule par une molécule énergétique rendue disponible grâce à l'élément 3.
 - a) Nomme cette molécule énergétique.
 - b) Fais un schéma annoté et légendé de l'élément 3.
- 4-
 - a) Explique les deux phénomènes à l'origine de la production (par voies lentes) de cette molécule dans la cellule. Ecris les équations correspondantes.
 - b) Indique les voies rapides de régénération de l'énergie utilisée au cours de l'activité musculaire. Ecris les équations correspondantes.
- 5- Les figures 1 et 2 du **document 2** représentent deux aspects (au même grossissement) d'une portion de fibre musculaire observée au microscope électronique.



Document 2

Fais deux schémas interprétatifs annotés correspondant aux portions P1 et P2 du **document 2**.

6- Les schémas du **document 3** résument les phénomènes moléculaires qui accompagnent l'activité musculaire (phases du mécanisme de la contraction musculaire).



Document 3

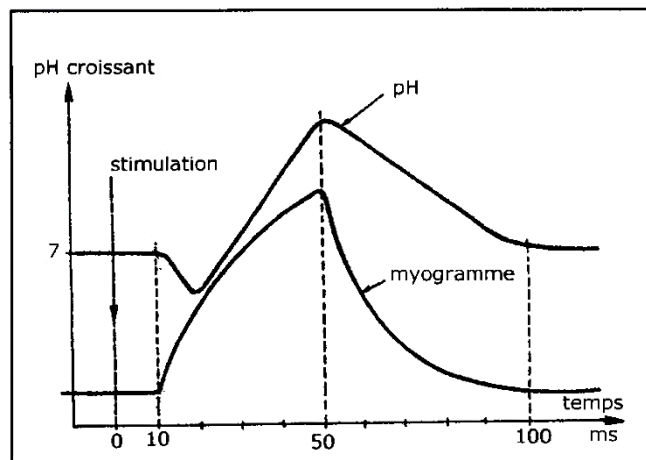
a) Nomme les éléments a et b.

b) En utilisant les schémas A, B, C et D du **document 3**, explique le mécanisme de cette activité musculaire (mécanisme de la contraction musculaire)

EXERCICE 5

Pour comprendre les phénomènes énergétiques de la contraction musculaire, des études ont été réalisées.

Le graphique ci-dessous représente les enregistrements simultanés de l'activité mécanique d'un muscle et les variations du pH à l'intérieur des fibres de ce muscle



- 1- Analyse l'évolution du pH au cours de la contraction musculaire
- 2- Explique ces variations du pH au cours de la contraction musculaire

Le dosage de l'ATP avant et après la contraction musculaire montre que sa valeur demeure constante.

- 3- Nomme le phénomène à l'origine de la constance de la teneur d'ATP
- 4- Un organe joue un rôle important au cours de ce phénomène

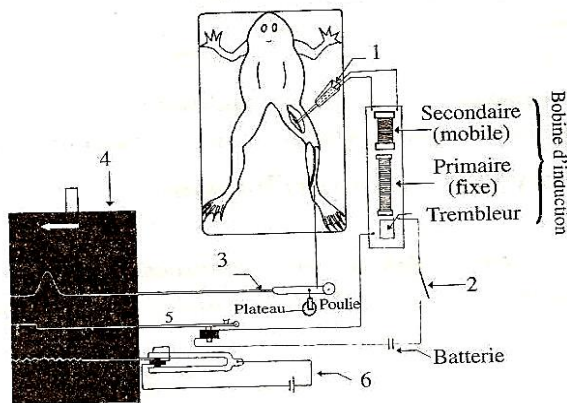
- a- Nomme cet organe.
- b- Fais un schéma et annoté et légendé l'ultra structure de cet organe.
- c- Précise la ou les voies par lesquelles se réalise le phénomène au sein de cet organe.

EXERCICE 6

1- Le dispositif-ci contre permet l'étude des aspects mécaniques de la contraction musculaire.

a) Nommez ce dispositif expérimental.

b) annotez le schéma du dispositif expérimental en remplaçant les chiffres par les mots qui conviennent.



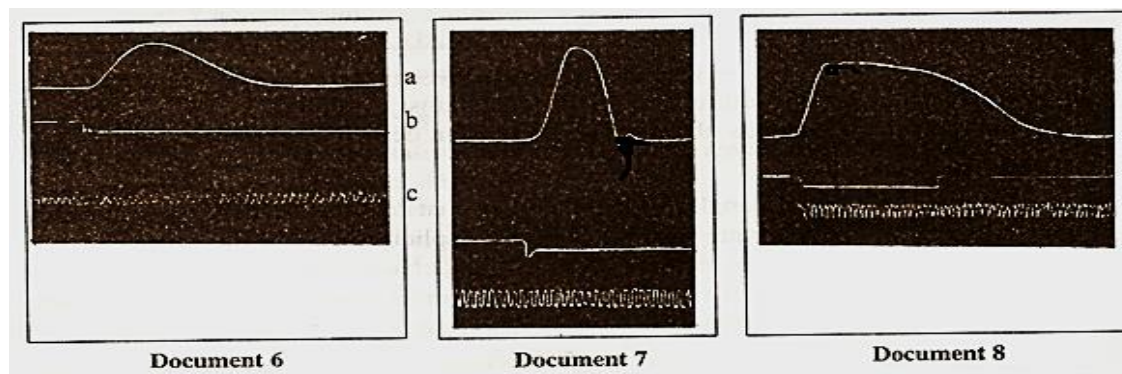
A l'aide du dispositif ci-dessus, on réalise les expériences suivantes :

Expérience 1 : on stimule le nerf sciatique par fermeture et ouverture du circuit

Expérience 2 : on répète l'expérience en augmentant la fréquence d'excitation.

Expérience 3 : ce même muscle qui a été soumis à plusieurs excitations antérieures, reçoit à nouveau une excitation.

Les myogrammes ci-dessous illustrent les différents résultats obtenus.

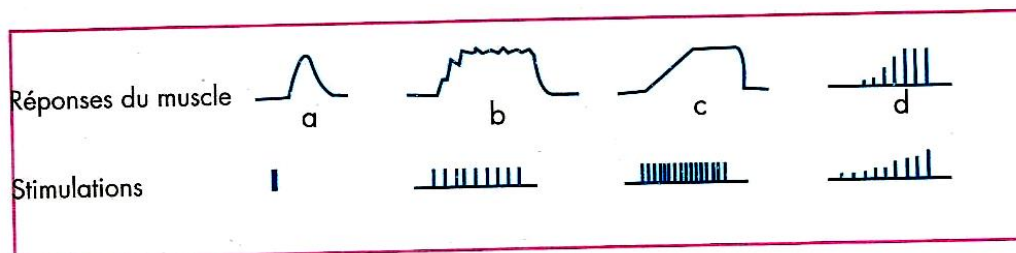


2- Faites correspondre les résultats des documents 6,7 et 8 aux expériences 1,2 et 3.

3- Nommez chaque enregistrement correspondant aux documents 6,7 et 8.

4- Nommez les graphiques a, b, c du document 6.

A l'aide du dispositif de la **question 1**, on a obtenu les enregistrements a, b, c et d ci-dessous en réponse à diverses stimulations :



5- Indique la condition (type de stimulation ou expérience) d'obtention de chaque enregistrement.

EXERCICE 7

Dans le cadre de la préparation du Baccalauréat, votre professeur de SVT met à votre disposition les documents 1 et 2 suivants pour vous aider à comprendre le fonctionnement du muscle strié squelettique.

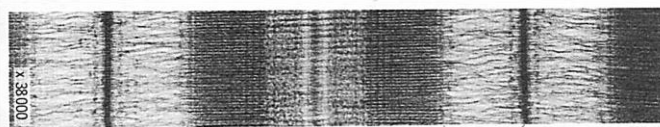


Figure 1

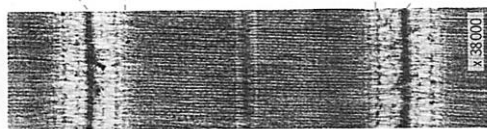


Figure 2

Document 1

Conditions expérimentales	Concentration en mg/g de muscle frais						Réactions du muscle
	Glycogène		ATP		Phosphocréatine		
	T ₀	T ₁	T ₀	T ₁	T ₀	T ₁	
Expérience 1 Muscle intact (en milieu aérobie)	1,62	1,21	2	2	1,5	1,5	Contraction prolongée pendant toute la durée de l'excitation
Expérience 2 Muscle traité par l'acide iodo-acétique bloquant la glycolyse	1,62	1,62	2	2	1,5	0	Contraction soutenue pendant toute la durée de l'excitation
Expérience 3 Muscle traité par : - l'acide iodo-acétique - l'inhibiteur de l'enzyme permettant l'utilisation de la phosphocréatine	1,62	1,62	2	0	1,5	1,5	Contraction rapidement interrompue

NB : T₀ = Avant la contraction du muscle ; T₁ = Après la contraction du muscle

Document 2

Tes camarades te sollicitent pour les aider pour répondre aux consignes suivantes.

- 1- Réalise les schémas d'interprétation annotés des figures 1 et 2 et du **document 1**.
- 2- Analyse les résultats de chaque expérience du tableau du **document 2**.
- 3- Interprète les résultats de chaque expérience du tableau du **document 2**, en précisant les équations des réactions qui interviennent (*partir de l'expérience 3 et terminer par l'expérience 1*).
- 4- Dégage de cette étude (document 2), l'ordre d'utilisation des molécules énergétiques (glycogène, ATP, phosphocréatine).

CORRIGE

EXERCICE 1

- | | | | |
|---------|---------|----------|----------|
| 1- faux | 5- Vrai | 9- vrai | 13 Vrai |
| 2- faux | 6- vrai | 10- faux | 14- Faux |
| 3- vrai | 7- faux | 11- vrai | 15- Vrai |
| 4- faux | 8- vrai | 12- faux | 16- faux |

EXERCICE 2

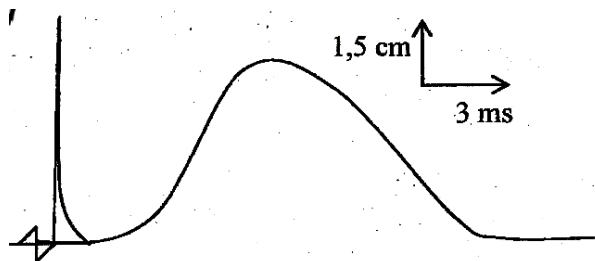
- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 1- sarcolemme | 7- membrane externe |
| 2- mitochondrie | 8- espace intermembranaire |
| 3- myofibrilles | 9- membrane interne |
| 4- réticulum | 10- matrice |
| 5- sarcoplasme | 11- crête |
| 6- myofilaments (actine, myosine) | 12- ultrastructure d'une mitochondrie |

EXERCICE 3

1- Figure a : secousse musculaire (ou myogramme)

Figure b : potentiel d'action musculaire (ou électromyogramme)

2-



3- C'est la contraction musculaire

4) a) ordre chronologique : 3,1, 4 et 2.

b) Figure 3 : phase de repos ; Figure 1 : phase d'attachement ;

Figure 4 : phase de glissement ou de pivotement ; Figure 2 : phase de détachement.

c) Mécanisme de la contraction musculaire

- En l'absence de Ca^{2+} , le complexe ATP-myosine ne se fixe pas sur l'actine : c'est la phase de repos.

- En présence de Ca^{2+} , il se forme le complexe actine-myosine : c'est la phase d'attachement.

- l'hydrolyse de l'ATP libère l'énergie qui permet le pivotement des têtes de myosine. Ce pivotement entraîne le glissement des molécules d'actine vers le centre du sarcomère d'où son raccourcissement : c'est la phase de pivotement.

- la fixation d'une nouvelle molécule d'ATP et la réabsorption des ions Ca^{2+} par le réticulum permettent la dissociation du complexe actine-myosine : c'est la phase de détachement.

EXERCICE 4

1) Annotation

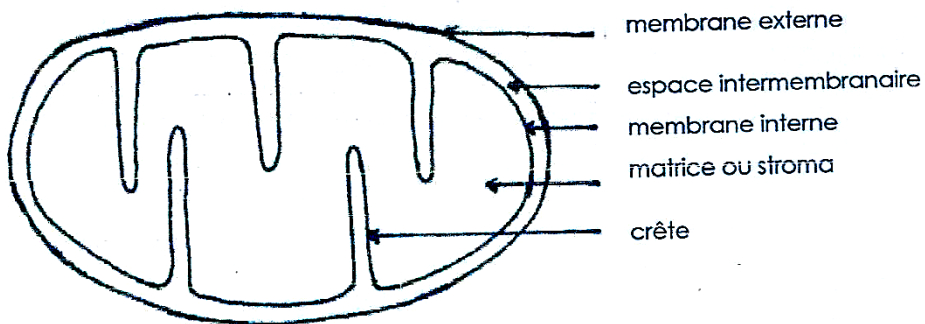
1- sarcomère; 2- sarcoplasme ; 3-mitochondrie ; 4- zone H ;
5- disque(ou bande) clair ou bande I ; 6-myosine ; 7- actine ; 8- strie Z.

2) Effet de l'injection du calcium

- raccourcissement du sarcomère
- rétrécissement du disque clair
- rétrécissement de la zone H
- rapprochement des stries Z
- le disque sombre reste intact

3- a) cette molécule énergétique est l'ATP.

b)



SCHEMA DE L'ULTRASTRUCTURE D'UNE MITCHONDRIE

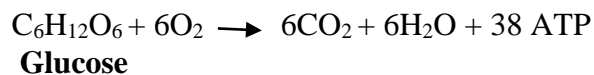
4-

a) les voies lentes de régénération de l'ATP sont la respiration et la fermentation.

- * la **fermentation**: l'hydrolyse du glycogène et du glucose (**glycolyse**) donne l'**acide pyruvique** dans le hyaloplasme, avec libération d'énergie permettant la reconstitution d'ATP.
En absence d'oxygène (*anaérobiose*) dans le hyaloplasme, l'acide pyruvique donne l'acide **lactique**.

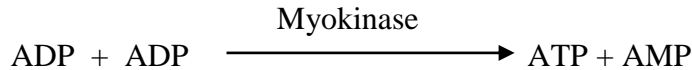


- * la **respiration ou oxydation respiratoire**: l'hydrolyse du glycogène et du glucose (**glycolyse**) donne l'**acide pyruvique** dans le hyaloplasme, avec libération d'énergie permettant la reconstitution d'ATP.
En présence d'oxygène (*aérobiose*) dans les mitochondries, l'acide pyruvique est dégradé. L'énergie produite permet la reconstitution de l'ATP et de la phosphocréatine.

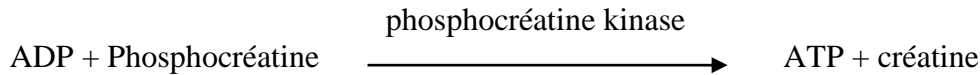


b) voies rapides de régénération de l'ATP

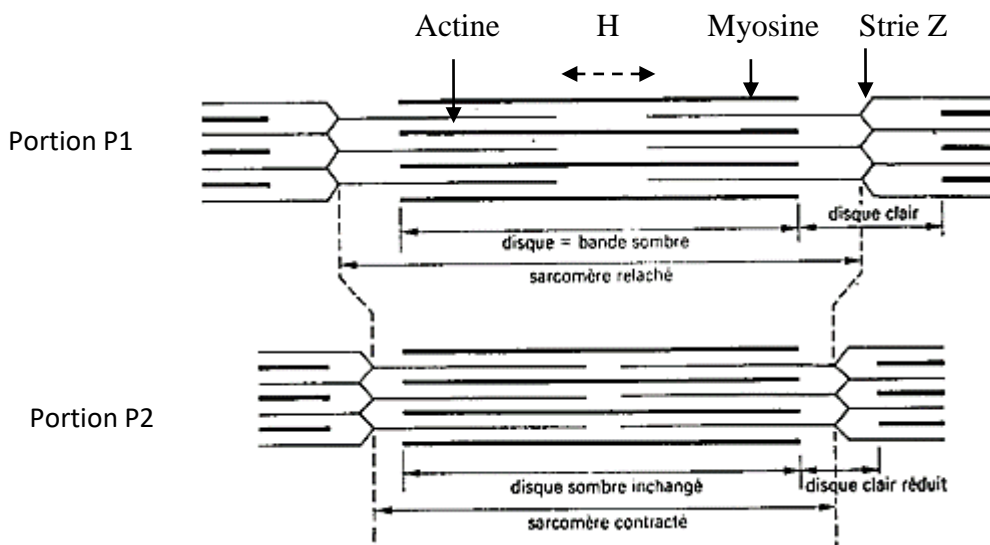
* Deux molécules d'ADP redonnent une molécule d'ATP et une molécule d'AMP grâce à la myokinase



* Le transfert d'un phosphate ou phosphate inorganique(Pi) de la phosphocréatine sur une molécule d'ADP permet d'obtenir une molécule d'ATP et la créatine grâce à la phosphocréatine kinase ou créatine kinase.



5- Schémas interprétatifs annotés



6 - a) a = myosine ; b = actine

b) Mécanisme de l'activité musculaire

Le mécanisme de la contraction musculaire se fait selon les phases suivantes :

A- phase de repos: en absence de Ca^{2+} , la tropomyosine masque les sites de fixation de la myosine sur l'actine.

B- phase d'attachement : les ions Ca^{2+} (*libérés par le réticulum sarcoplasmique suite à l'arrivée du PA musculaire au niveau du réticulum*) se fixent sur la troponine et démasquent les sites de fixation des têtes de myosine sur les filaments d'actine. Dans le même temps, l'ATP se fixe sur les têtes de myosine qui se déforment et s'attachent à l'actine globulaire.

C- phase de pivotement : l'hydrolyse de l'ATP libère l'énergie qui permet le pivotement des têtes de myosine. Ce pivotement entraîne le glissement des filaments d'actine vers le centre du sarcomère d'où raccourcissement du sarcomère.

D- phase de détachement : la fixation d'une nouvelle molécule d'ATP sur la tête de myosine et la réabsorption active des ions Ca^{2+} par le réticulum permettent la rupture de la liaison actine-myosine.

EXERCICE 5

1-analyse :

- De 0 à 10 ms, pendant le temps de latence, le pH est constant et égal à 7.
- De 10 à 20 ms, début de la phase de contraction, le pH diminue légèrement.
- De 20 à 50 ms, le pH augmente et atteint une valeur maximale à la fin de la phase de contraction.
- De 50 à 100 ms, au cours de la phase de relâchement du muscle, le pH diminue jusqu'à atteindre sa valeur initiale.

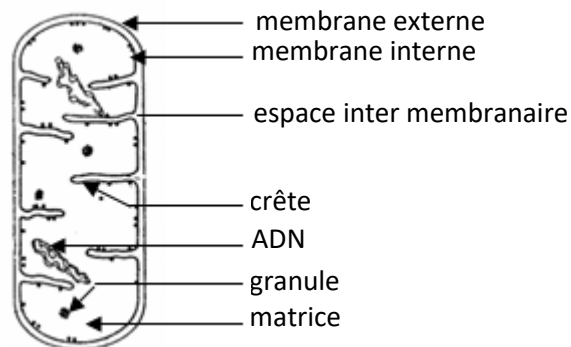
2-explication

- la diminution du pH au début de la contraction est due à l'hydrolyse de l'ATP qui produit l'acide phosphorique H_3PO_4 .
- l'augmentation du pH au cours de la contraction est due à la dégradation de la phosphocréatine en créatine qui est basique.
- la diminution du pH pendant la phase de relâchement est due à la reconstitution de la phosphocréatine à partir de la créatine.

3-le phénomène à l'origine de la constante d'ATP est la régénération ou la restauration de l'ATP.

4- a-nom de l'organite : la mitochondrie

b-schéma de l'ultrastructure d'une mitochondrie



SCHEMA D'UNE MITOCHONDRIE

5-

Voies par lesquelles se réalise le phénomène : il s'agit des voies lentes ou voies des oxydations respiratoires ou voie de la respiration.

EXERCICE 6

1- a) le myographe

b) Annotation

1 : excitateur ; 2 : interrupteur ; 3 : stylet inscripteur ; 4 : cylindre enregistreur ;
signal électrique ; 6 : diapason électrique.

5 :

2-

Expérience 1 : document 7

Expérience 2 : document 8

Expérience 3 : document 6

3-

Document 6 : courbe d'un muscle fatigué

Document 7 : secousse (contraction) musculaire normale isolée.

Document 8 : téтанos parfait.

4 a : contraction musculaire ou myogramme

b : signal indiquant le début de la stimulation

c : diapason (durée)

5- a (secousse musculaire isolée) : obtenu après une stimulation efficace du muscle.

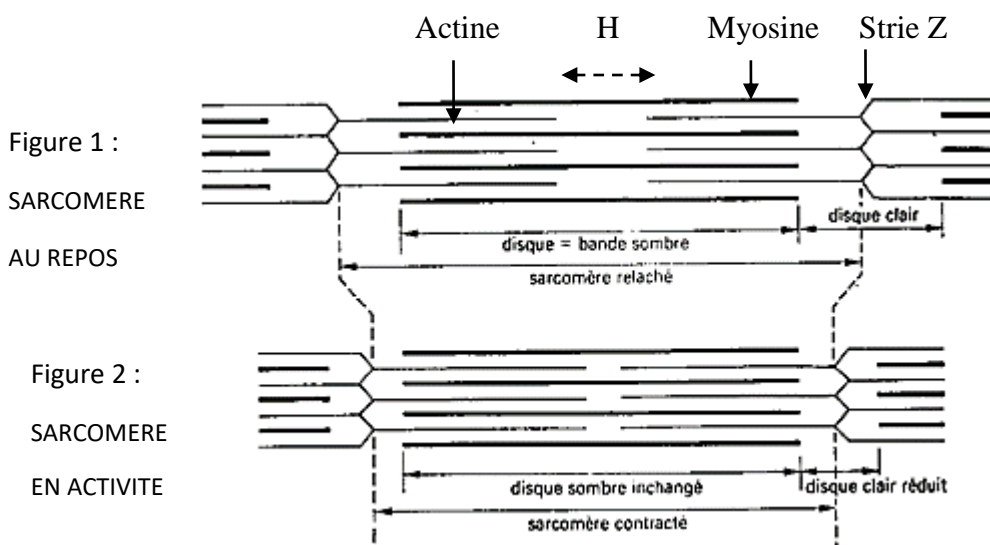
b (téтанos imparfait) : obtenu après des stimulations rapprochées ou une faible fréquence de stimulation (plusieurs excitations interviennent pendant la phase de relâchement des autres).

c (téтанos parfait) : obtenu après des stimulations très rapprochées ou une fréquence élevée de stimulation (plusieurs excitations interviennent pendant la phase de contraction des autres).

d (sommation des réponses) : obtenu après des stimulations d'intensité croissante.

EXERCICE 7

1- Schémas interprétatifs annotés



2- Analyse des résultats

Expérience 1 : lorsque le muscle est intact, de T_0 (avant la contraction) à T_1 (après la contraction), on constate que :

- la concentration de glycogène diminue de 1,62 à 1,21 mg/g de muscle frais,
- la concentration d'ATP est constante égale à 2 mg/g de muscle frais,
- la concentration de phosphocréatine est constante égale à 1,5 mg/g de muscle frais,
- la contraction du muscle est prolongée.

Expérience 2 : lorsque la glycolyse est bloquée, de T₀ (*avant la contraction*) à T₁ (*après la contraction*), on constate que :

- la concentration de glycogène est constante égale à 1,62 mg/g de muscle frais,
- la concentration d'ATP est constante égale à 2 mg/g de muscle frais,
- la concentration de phosphocréatine s'annule,
- la contraction du muscle est soutenue.

Expérience 3 : lorsque la glycolyse et la transformation de la phosphocréatine sont bloquées, de T₀ (*avant la contraction*) à T₁ (*après la contraction*), on constate que :

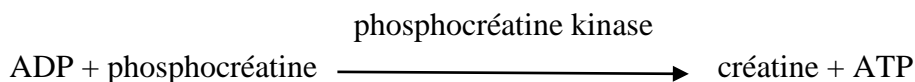
- la concentration de glycogène est constante égale à 1,62 mg/g de muscle frais,
- la concentration d'ATP s'annule,
- la concentration de phosphocréatine est constante égale à 1,5 mg/g de muscle frais,
- la contraction du muscle est interrompue.

3- Interprétation des résultats

Expérience 3 : lorsque la glycolyse et la formation de l'ATP à partir de la phosphocréatine sont bloquées, la concentration d'ATP s'annule car l'ATP utilisée comme source d'énergie n'est pas renouvelée ce qui entraîne l'arrêt de la contraction. $ATP \longrightarrow ADP + P_i + \text{Energie}$.

Expérience 2 : la concentration d'ATP est constante car l'ATP est régénérée grâce à la phosphocréatine dont la concentration s'annule.

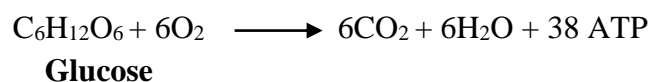
La phosphocréatine transfère un phosphate (*ou acide phosphorique ou phosphate inorganique*) à une molécule d'ADP pour former une molécule d'ATP et la créatine, grâce à une enzyme appelée Phosphocréatine kinase



Expérience 1 : la concentration d'ATP est constante car l'ATP est régénérée grâce au glycogène dont la concentration diminue.

Le glycogène est transformé en glucose qui donne l'acide pyruvique avec production d'une faible quantité d'ATP dans le cytoplasme (glycolyse).

En présence d'oxygène dans les mitochondries, l'acide pyruvique est dégradé pour donner une grande quantité d'ATP: c'est la respiration.



4-Ordre d'utilisation des molécules énergétiques : ATP - phosphocréatine - glycogène.