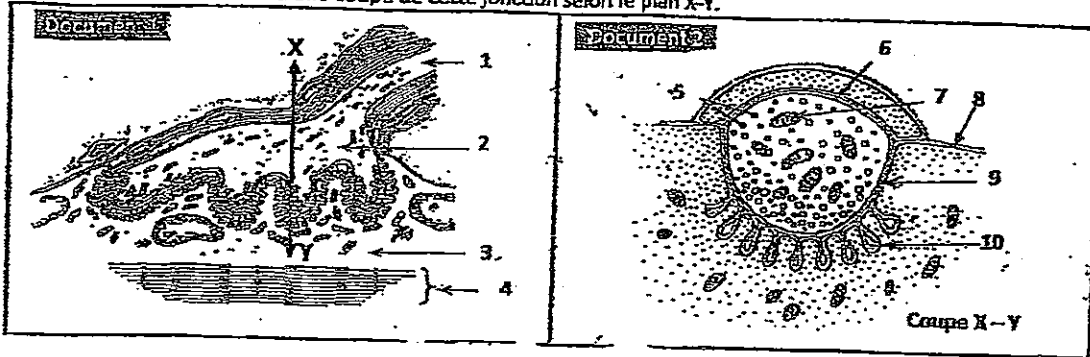


### EXERCICE N°1

Le document 1 suivant montre une jonction neuromusculaire.  
Le document 2 montre le détail d'une coupe de cette jonction selon le plan X-Y.



- 1) Annotez ces deux documents.
- 2) Citez dans l'ordre les étapes du fonctionnement de cette jonction.
- 3) Dans le but de comparer la synapse neuron-neuronique et la synapse neuromusculaire, donnez deux particularités structurales et deux particularités fonctionnelles de chacune de ces synapses en reproduisant sur votre copie le tableau suivant.

	Synapse neuron-neuronique	Synapse neuromusculaire
Particularités structurales		
Particularités fonctionnelles		

[www.BAC.org.tn](http://www.BAC.org.tn)  
 Page BAC-TUNISIE  
 Tél: 25 361 197 / 53 371 502

### EXERCICE N°2

On veut étudier le mécanisme de transmission de l'influx nerveux au niveau de la plaque motrice. Une substance, l'acétylcholine (ACH), joue un rôle important dans cette transmission. Pour être considérée comme neurotransmetteur, cette substance doit présenter les propriétés suivantes :

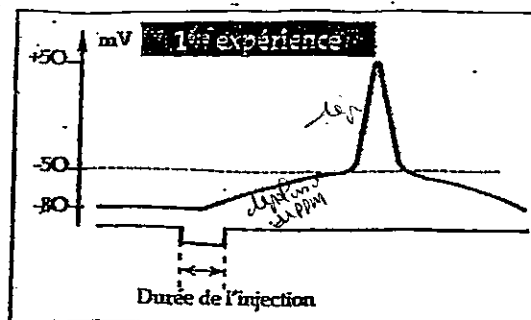
- \* Exister au niveau des terminaisons pré synaptiques.
- \* Être libérée sous l'effet de l'influx pré synaptique
- \* Avoir une action dépolarisante sur la membrane post synaptique.

*Cette substance agit rapidement et de manière spécifique.*

Pour vérifier trois de ces propriétés, on réalise les expériences suivantes :

- 1- Expérience 1 : On injecte quelques gouttes d'ACH au niveau de la fente synaptique et simultanément, on enregistre le phénomène électrique de la fibre musculaire au niveau de la plaque motrice, on obtient l'enregistrement du document 2 :

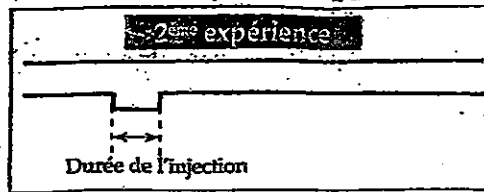
Document 2



[www.BAC.org.tn](http://www.BAC.org.tn)  
 Page BAC-TUNISIE  
 Tél: 25 361 197 / 53 371 502

Expérience 2 : On injecte la même quantité d'ACH dans la fibre musculaire. On obtient l'enregistrement du document 3

Document 3



- a- Quelle (s) propriété (s) de l'ACH peut (vent) être dégagée (s) à partir de l'analyse du résultat de la 1<sup>ère</sup> expérience ?  
 b- Quelle conclusion peut-on dégager à partir de la comparaison des résultats des deux expériences ?  
 2- On réalise maintenant les deux expériences suivantes :

Expérience	Résultat
1- On injecte un précurseur radioactif d'ACH dans la fibre musculaire puis on excite la terminaison nerveuse pré synaptique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de radioactivité dans la fente synaptique</li> <li>• On enregistre un phénomène électrique identique à celui du document 2</li> </ul>
2- On injecte un précurseur radioactif d'ACH dans la terminaison nerveuse pré synaptique puis on excite cette terminaison.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de radioactivité sur la membrane post synaptique</li> <li>• On enregistre un phénomène électrique identique à celui du document 2</li> </ul>

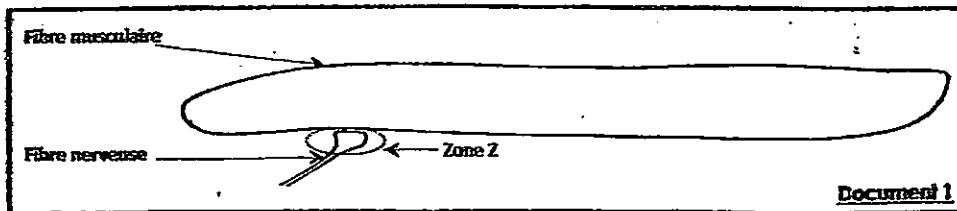
- a- Que montre la présence de la radioactivité sur la membrane post synaptique ?  
 b- Quelle (s) propriété (s) de l'ACH peut ( ou peuvent ) être dégagée ( s ) à partir de la comparaison des résultats obtenus ?  
 3- Proposez une expérience permettant de vérifier la propriété restante. On précisera le résultat attendu.

**EXERCICE N°3**

On se propose d'étudier la chronologie de certains événements liés à la contraction de la fibre musculaire.

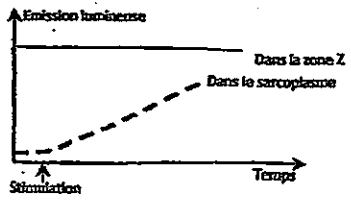
On réalise des expériences en utilisant :

- Une préparation fibre nerveuse-fibre musculaire (voir document 1).
- une substance S qui devient lumineuse en présence des ions  $Ca^{2+}$ . L'émission de lumière est proportionnelle à la concentration des ions  $Ca^{2+}$  dans le milieu.



Ces expériences et leurs résultats sont consignés dans le tableau suivant :

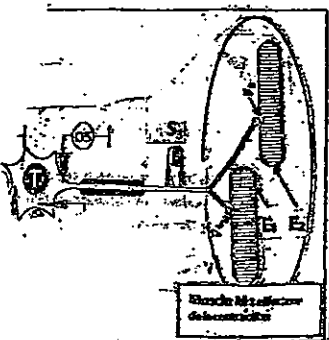
Expériences	Descriptions	Résultats
1	On dépose une dose de la substance S dans la zone encadrée Z. On stimule ensuite efficacement la fibre nerveuse.	La zone Z devient lumineuse. - L'émission lumineuse diminue fortement dans la zone Z. - La fibre musculaire se contracte
2	On refait l'expérience 1 mais après avoir anesthésié la fibre nerveuse. NB : l'anesthésie fait perdre la fibre nerveuse son excitabilité (naissance de PA).	L'émission lumineuse ne diminue pas. et la fibre musculaire ne se contracte pas.
3	On injecte la substance S dans le sarcoplasme de la fibre musculaire puis on porte une stimulation efficace sur la fibre nerveuse.	suite à la stimulation, le sarcoplasme devient lumineux et la fibre se contracte.
4	On porte la stimulation directement sur la fibre musculaire contenant la substance S.	naissance d'un potentiel d'action sur la fibre musculaire puis le sarcoplasme devient lumineux et la fibre se contracte

5	On injecte des ions $Ca^{++}$ dans la fibre musculaire contenant la substance S.	le sarcoplasme devient lumineux et la fibre se contracte sans naissance de PA musculaire
6	On stimule directement la fibre musculaire en présence de la substance S aussi bien dans la zone Z que dans le sarcoplasme et on mesure l'émission lumineuse dans ces deux milieux. Les résultats sont exprimés par le graphe ci-contre.	

1. Tirez des informations à partir des expériences 1 et 2.
2. Emettez une hypothèse explicative de la diminution de l'émission lumineuse dans la zone Z.
3. Proposez une expérience, utilisant les mêmes outils, permettant de vérifier cette hypothèse.
4. Pour chacune des expériences 3, 4 et 5 dégagez la (ou les) conclusion(s) adéquate(s).
5. Pour l'expérience 6, analysez les résultats et concluez.
6. En vous limitant aux informations précédentes, citez dans l'ordre la succession des événements mécanique, électrique et ionique en rapport avec le taux des ions  $Ca^{2+}$  suite à la stimulation efficace de la fibre nerveuse.

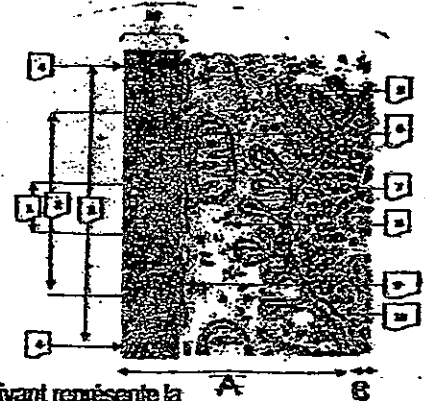
### EXERCICE N°4

On s'intéresse maintenant à la relation entre le neurone T et les cellules effectrices ( $E_1$  et  $E_2$ ) du muscle qui lui sont connectées

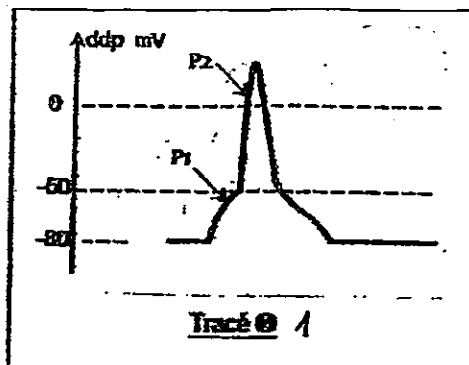


- 1- Nommez ces cellules
- 2- Le document 4 ci-contre représente une Electronographie de la zone de contact du neurone T et la cellule effectrice  $E_1$ 
  - a) Annotez ce document
  - b) Identifiez les deux structures A et B

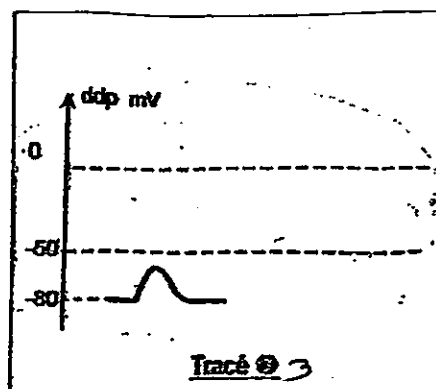
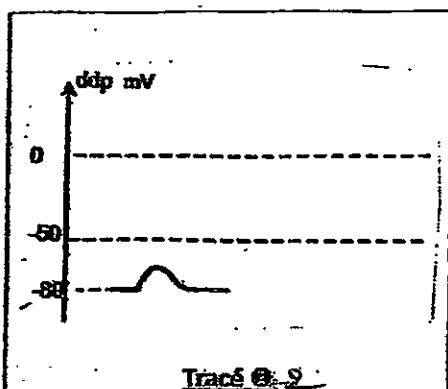
Document 4



- 3- On porte une stimulation efficace  $S_3$  sur le neurone T (voir document 1). Le tracé 1 suivant représente la variation de la ddp enregistrée au niveau de la membrane de chacune des cellules effectrices  $E_1$  et  $E_2$

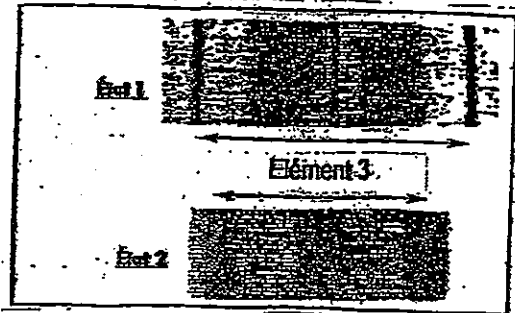


- a) Identifiez les phénomènes  $P_1$  et  $P_2$  de ce tracé
  - b) Quelles déductions peut-on faire sachant que l'application d'une dose suffisante d'acétylcholine dans la fente  $F_1$  ou dans la fente  $F_2$  (voir document 1) permet d'enregistrer le même tracé ?
- 4- On applique dans la fente  $F_1$  une substance X et dans la fente  $F_2$  une substance Y puis on applique de nouveau la stimulation efficace  $S_3$ . On obtient les tracés suivants :



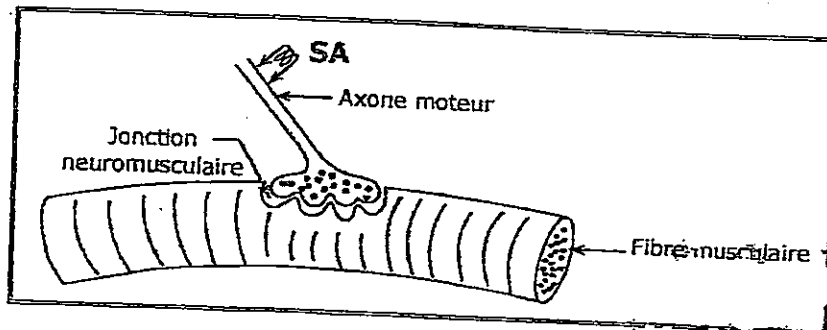
- a) Émettez 3 hypothèses communes pouvant expliquer l'action de ces substances.
- b) Le dépôt d'acétylcholine dans la fente  $F_1$  traitée par X et dans la fente  $F_2$  traitée par Y permet d'enregistrer un tracé identique au tracé 1 sur E1 et un tracé identique au tracé 3 sur E2. Quelles hypothèses parmi celles formulées en « a » pouvez-vous retenir pour chacune des substances X et Y ? Justifiez.
- 5- Le document 5 ci-dessous montre l'élément 3 (voir document 4) observable dans les cellules effectrices E1 et E2 à deux états différents.
- a- Faites un schéma d'interprétation soigné et annoté de cet élément pendant l'état 1
- b- Le passage de l'état 1 à l'état 2 puis le retour à l'état initial est la conséquence d'une cascade d'événements qui commence par un phénomène électrique précis. Exposez dans l'ordre la cascade de ces événements. Faites un schéma explicatif.

Document 5



### EXERCICE N°5

Pour comprendre le niveau d'action de certaines substances : le curare et la nicotine au niveau de la jonction neuromusculaire, on réalise les deux séries d'expériences suivantes :



#### 1<sup>ère</sup> série d'expérience

	Expériences	Résultats
1	Stimulation de l'axone moteur en SA	Contraction de la fibre musculaire
2	Dépôt de curare sur l'axone moteur et stimulation en SA	Contraction de la fibre musculaire
3	Injection de curare dans la fibre musculaire et stimulation en SA	Contraction de la fibre musculaire
4	Dépôt de curare dans la jonction neuromusculaire et stimulation en SA	Pas de contraction

1°/A partir de l'analyse de ces résultats et de vos connaissances, précisez le mode d'action du curare.

#### 2<sup>ème</sup> série d'expérience

	Expériences	Résultats
a	Dépôt de nicotine dans la jonction neuromusculaire.	Contraction de la fibre
b	Injection de nicotine dans la fibre musculaire	Pas de contraction
c	Dépôt de curare puis de nicotine dans la jonction neuromusculaire.	?

2°/A partir des expériences a et b et de vos connaissances, dégagez le rôle de la nicotine.

3°/ Quel doit être le résultat de l'expérience c ? Justifiez.

**D) On se propose d'étudier quelques aspects du fonctionnement du muscle squelettique.**

**A)**

On mesure le volume sanguin arrivant à un muscle M au repos et au cours de son activité.

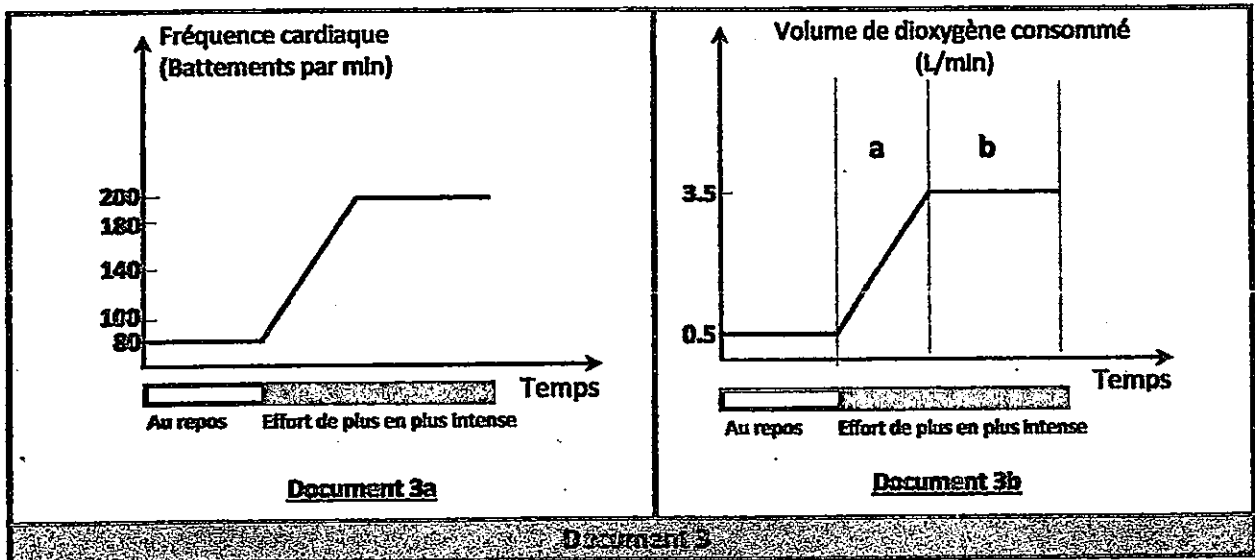
On trouve les valeurs suivantes :

	Au repos	En activité
Volume de sang arrivant au muscle M (en L par heure et par Kg de muscle)	12.22	56.325

Analysez ces résultats et précisez l'intérêt d'une telle variation pour le muscle.

**B) On cherche à comprendre l'origine directe de cette variation. L'hypothèse formulée est celle d'une modification du rythme cardiaque.**

On détermine la variation de la fréquence cardiaque et de la consommation de dioxygène chez un sujet de 20 ans au repos et au cours d'un effort physique de plus en plus intense. Les résultats sont consignés dans le document 3 suivant :



1) Exploitez le document 3 afin de :

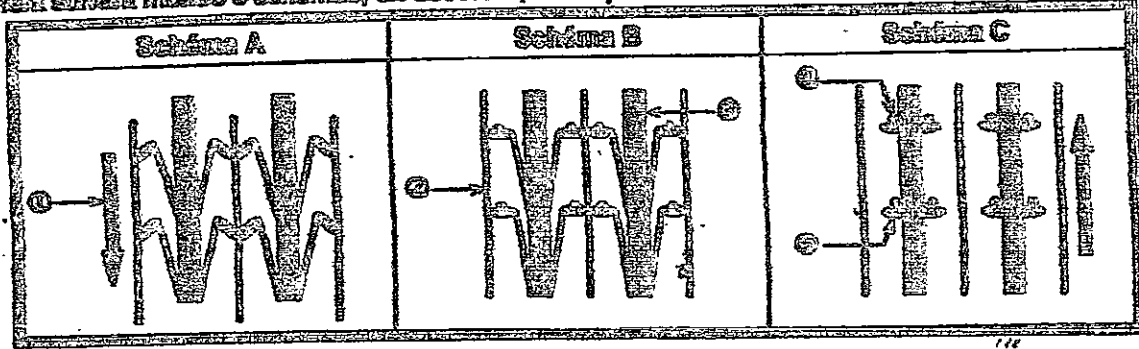
- juger l'hypothèse formulée.
- préciser la cause de la constance de la consommation d'O<sub>2</sub> malgré la croissance de l'intensité de l'effort.

2) Le muscle effectuant un effort de plus en plus intense dépense des quantités d'énergie de plus en plus importantes qu'il tire à partir de diverses molécules énergétiques se trouvant dans l'hyaloplasme de ses cellules.

- a. Nommez les différentes molécules énergétiques utilisées par le muscle.
- b. Ecrivez les équations des réactions de leur utilisation pendant la phase (a) du document 3b tout en indiquant le but de ces réactions.
- c. Précisez le problème qui se pose aux muscles pendant la phase (b) du même document et expliquez comment arrivent-ils à résoudre ce problème.

# 11° / Physiologie de la contraction musculaire (3 points)

Le document suivant montre 3 schémas, en désordre, d'une partie d'un sarcomère, en 3 moments différents.



- Annotez ces figures en reportant sur votre copie les chiffres de 0 à 6.
- Donnez l'ordre chronologique de ces schémas. B, A, C.
- Précisez la condition de réalisation de chaque situation.

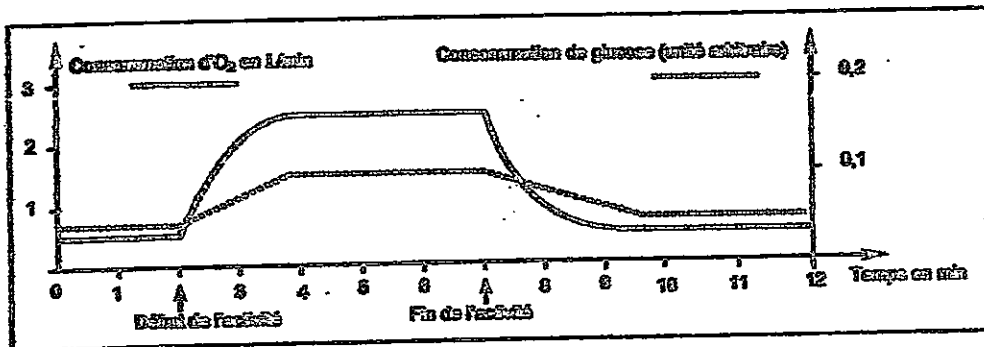
1 - filament de l'actine  
 2 - actine  
 3 - myosine  
 4 - ATP  
 5 - tête de myosine

B: libération de  $Ca^{++}$  ap- du RE  
 A: Hydrolyse de l'ATP  
 C: retour active de  $Ca^{++}$  et fin de la contraction  
 et un NV moléculaire d'ATP sur les têtes de myosine

## A) Métabolisme de la contraction musculaire (3,5 points)

Le muscle squelettique tire directement l'énergie nécessaire à sa contraction de l'hydrolyse de l'ATP et dispose de voies métaboliques lui permettant de régénérer cet ATP à partir de sources énergétiques secondaires. On se propose de retrouver certaines de ces voies métaboliques.

- On étudie la consommation de dioxygène et du glucose pendant une période de repos et, pendant et après une activité musculaire modérée de 1800 KJ/mn chez un même individu. Les résultats sont présentés par le document suivant.



Analysez ces tracés en vue de déduire la nature du phénomène responsable de fournir l'énergie nécessaire au travail. Ecrivez l'équation globale du phénomène mis en jeu.

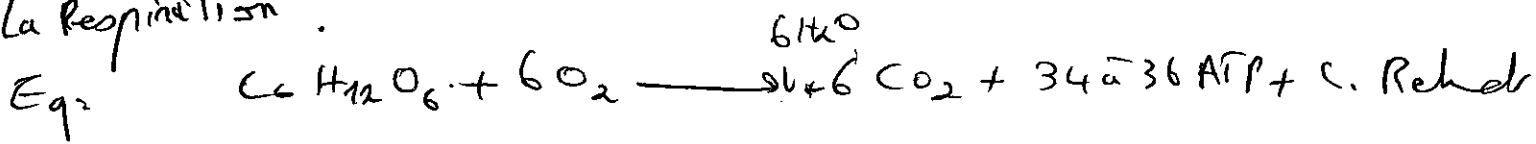
- D'après des calculs théoriques, une activité musculaire de 2200 KJ/min nécessite une consommation de 5,5 L/min de dioxygène. Cependant, en imposant une telle activité à un muscle M, on mesure une consommation maximale de dioxygène de 4,6 L/min. Quel problème pouvez-vous poser à partir de l'analyse de cette donnée ?
- Un muscle M, placé dans un milieu anaérobie, excité, se contracte aussi, mais sa consommation de glucose augmente rapidement et de l'acide lactique s'y accumule. Exploitez l'information dégagée de cette donnée afin de résoudre le problème soulevé à la question 2. Ecrivez l'équation globale de la nouvelle voie métabolique d'utilisation du glucose-mise en évidence.

- pendant la période de Repos la consommation d'oxygène et de glucose sont faibles et etc, 0,1 pour oxygène et 0,07 pour glucose.

Pendant la période d'activité de la 2<sup>ème</sup> à la 7<sup>ème</sup> minute, la consommation d'oxygène et de glucose augmente progressivement en 2 minutes à 2,1 pour l'oxygène et 0,4 pour glucose puis se stabilise à ces valeurs jusqu'à la fin de l'activité.

à partir de la fin de l'activité il y a retour progressif des consommations à leur valeur de Repos.

⇒ le phénomène responsable de fournir l'énergie nécessaire à ce travail la respiration.

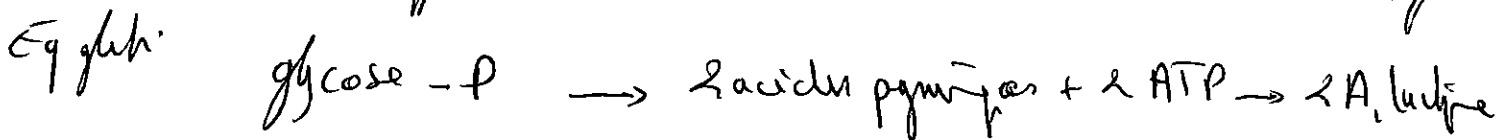


à pour une activité musculaire de 2200 kJ par minute, le muscle devrait recevoir normalement 0,1 l/m d'oxygène, ce pendant il ne reçoit réellement que 4/5. sans cela l'empêcher d'effectuer le travail.

⇒ le problème par lequel voit le muscle arriver il a couvrir son déficit énergétique due au manque d'oxygène.

3) dans un milieu anaérobie le muscle peut tirer de l'énergie en consommant une grande quantité de glucose et en produisant l'acide lactique : la fermentation lactique.

la solution: lors d'un travail intense, l'oxygène consommé atteint un max., donc la respiration est maximale et fournit une quantité d'énergie inférieure au besoin du muscle. —> dans ces conditions, le muscle utilise un vrai supplément anaérobie: la fermentation lactique.



Canaux	Lieu d'existence	Condition d'ouverture	Consequences d'ouverture
<b>CVD Na+</b>	- En debut de corps cellulaire → cône axonique et nœud de Ranvier des fibres myélinisées (pas au milieu ou de myéline).	DDP = -70 mV	entrée massive et passive des ions Na <sup>+</sup> dans le MIC → phase de dépolarisation PA
<b>CVD K+</b>	- sur toute la membrane de la fibre à myéline	DPP +30 mV	sortie de K <sup>+</sup> vers le MEC d'où la repolarisation et hyperpolarisation en PA.
<b>CVD Ca++</b>	membrane du bouton présynaptique	arrivée d'un PA au niveau du bouton	- Entrée Ca <sup>++</sup> et exocytose de NT
<b>CCD Na+</b>	membrane postsynaptique d'une synapse excitatrice.	Façon de NT excitateur sur les récepteurs postsynaptiques spécifiques	stimulation de Na <sup>+</sup> dans le MIC et donc PPSE
<b>CCD K+</b>	membrane postsynaptique d'une synapse	Façon de NT inhibiteur sur les membranes	sortie de K <sup>+</sup> de MIC vers le MEC donc PPSE
<b>CCD Cl-</b>	d'inhibitrice	postsynaptique	Entrée de Cl <sup>-</sup> de MEC vers le MIC et donc PPSE.
<b>Canaux de fuite Na+</b>	Toute la membrane cytoplasmique	Toujours	Entrée perméable de Na <sup>+</sup> vers le MIC par diffusion
<b>Canaux de fuite K+</b>	de la membrane.	Ouvert	Sortie perméable de K <sup>+</sup> vers le MEC.

Participent à la conservation d'un PR



- 1: axome
  - 2: bouton
  - 3: sarcolesme
  - 4: myofibrille
  - 5: vésicules synaptique
  - 6: membrane de la zone
  - 7: mitochondrie
  - 8: sarcolesme
  - 9: fente
  - 10: appareil sarcoplasmique
- 2) V. cours.

- c'est la phase de dépolarisation du PPM.  
 ensuite la DPP augmente rapidement de  $-70$  à  $+30$  c'est la phase de dépolarisation du PAM. suivie d'une diminution rapide de la DPP de  $+30$  à  $-70$  c'est la repolarisation du PAM.  
 - DPP diminue de  $-70$  à  $-80$  c'est la repolarisation du PPM.  
 => l'ACH a une action dépolarisante sur la membrane post.

Particularités structurelles	Synapse neuromusculaire	Synapse neuromusculaire
	petite taille - membrane post lisse. - absence des CVD sur la membrane post synaptique - plusieurs types de CCD suivant la nature de la synapse ( $Na^+$ , $K^+$ , $Ca^{2+}$ )	grande - membrane repliée plissée - présence des CVD sur la membrane post deux seul types: CCD $Na^+$
Particularités fonctionnelles	- excitatrice ou inhibitrice - donne naissance à un PPS inférieur au seuil - pas de naissance d'un PA. - intervention de plusieurs types de neurotransmetteurs (ACH, GABA) - jonction temporaire	- excitatrice. + donne naissance à un PPM qui atteint le seuil. + naissance d'un PAM. + seul type de NT (ACH) - pas de sommation

b) l'injection d'ACH dans la fente de jonction neuromusculaire n'ont aucun effet.  
 => l'ACH agit au niveau de la fente synaptique et qui ne laisse penser à l'existence des récepteurs sur le sarcolesme.

2) a: la présence de radioactivité sur la membrane post montre la présence de l'ACH qui se fixe sur des récepteurs spécifiques du niveau du sarcolesme.

b) - plus commun: dans les 2 cas la stimulation de la terminaison nerveuse de jonction neuromusculaire.  
 Diff #: Dans la 1<sup>ère</sup> expérience le précurseur radioactif injecté dans la fibre musculaire n'apparaît pas dans la fente mais dans la 2<sup>ème</sup> expérience le précurseur radioactif injecté dans la terminaison nerveuse apparaît dans la fente.

3) propriété isolée: cesser d'agir sur l'action d'une enzyme.

Exp: on injecte dans la fente synaptique une substance qui bloque l'action de l'enzyme qui hydrolyse l'ACH puis on applique une stimulation unique de la terminaison axonale, en enregistrant alors un train de PAM au lieu d'un seul.

Exp:  
 1a: avant l'injection d'ACH, la DPP de la fibre musculaire est constante ( $-80$ ) c'est le PR suite à l'injection de l'ACH, on enregistre une dépolarisation lente de  $-80$  à  $+30$

Ex 3:

1) Exp 1 et 2:

→ La naissance d'un PA nerveux provoque une diminution du taux de  $Ca^{++}$  dans la Zone Z et une contraction de la fibre musculaire.

2) Hypo: les ions  $Ca^{2+}$  pénètrent dans le bouton synaptique.

3) Exp: on stimule efficacement la fibre nerveuse en présence de la substance S. aussi bien de la Zone Z que dans le bouton synaptique, si notre hypothèse est vraie en remarquant simultanément la diminution de l'émission lumineuse dans la Zone Z et l'augmentation de cette émission dans le bouton synaptique.

Exp 3: → La stimulation de la fibre nerveuse est suivie d'une augmentation de  $Ca^{++}$  dans le sarcoplasme et de contraction musculaire.

Exp 4: → la fibre musculaire est excitable.  
- la naissance d'un PA dans la fibre musculaire est suivie d'une augmentation du taux de  $Ca^{++}$  dans le sarcoplasme et d'une contraction de la fibre musculaire.

Exp 5: → c'est l'augmentation du taux de  $Ca^{++}$  dans le sarcoplasme qui provoque la contraction de la fibre musculaire.

Analyse: avant la stimulation de la fibre musculaire l'émission lumineuse dans le sarcoplasme et Z sont constantes et c'est à dire le taux de  $Ca^{++}$  est constant avec supériorité dans Z.

suite à la stimulation l'émission lumineuse augmente dans le sarcoplasme et reste inchangée dans la Zone Z. c'est à dire  $Ca^{++}$  augmente dans le sarcoplasme mais reste constant dans la Zone Z.

→  $Ca^{++}$  qui apparaît dans le sarcoplasme avant la contraction ne proviennent pas du milieu extracellulaire.

6) naissance du PA nerveux → entre  $Ca^{++}$  dans le bouton → naissance d'un PA → augmentation du taux de  $Ca^{++}$  dans le sarcoplasme.

→ contraction de la fibre musculaire.

Exp 1:

→ il y a transmission du message nerveux à la fibre musculaire.

→ le curare n'agit pas sur le message.

→ le curare n'a pas d'action sur la fibre musculaire.

Exp 4: → le curare bloque la transmission nerveuse.

conclusion: le dépôt de curare dans la fente synaptique occupe les récepteurs de l'ACH et empêche son action. donc le curare est un analogue structural de l'ACH.

2<sup>e</sup> se d'exp:

1: le dépôt de nicotine dans la jonction neuromusculaire déclenche la contraction dans stimulation. alors que son injection dans la fibre musculaire n'a aucun effet.

→ la nicotine joue le même rôle que l'ACH: c'est un analogue fonctionnel de l'ACH.

3) pas de contraction, en effet le curare occupe les récepteurs de l'ACH.  
- la nicotine ajoutée au curare occupe aucun récepteur libre donc pas de contraction.

### EXERCICE N°1

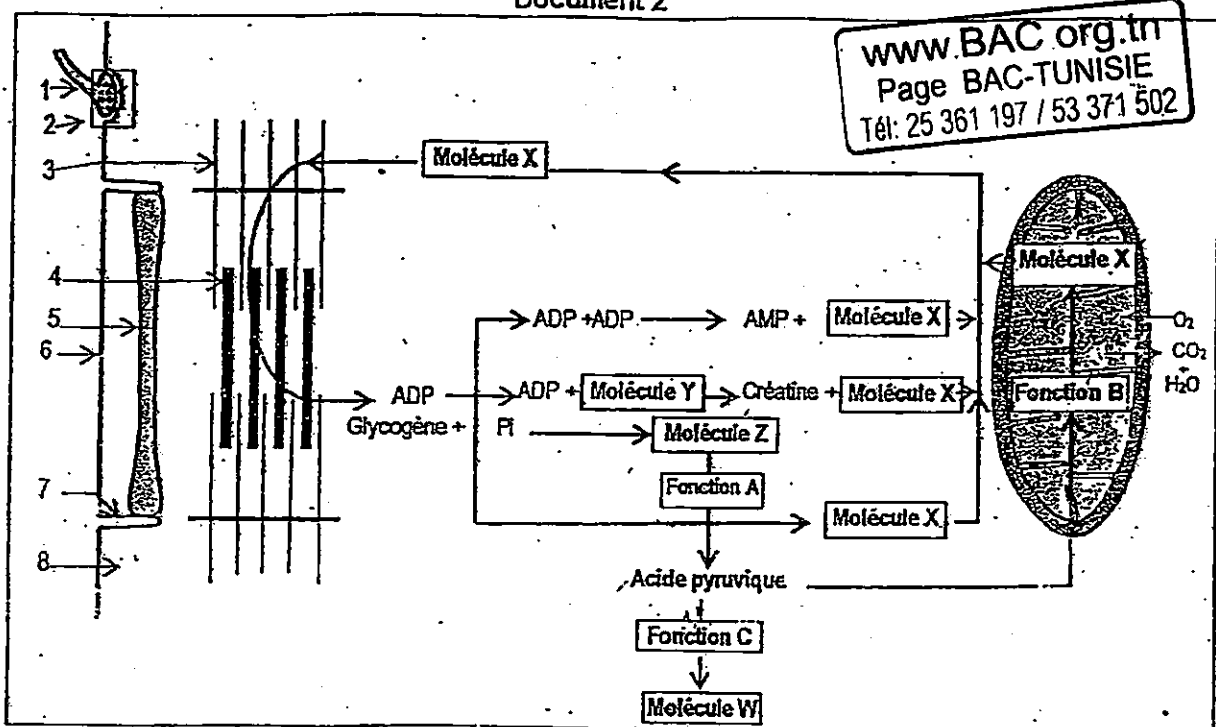
On se propose d'étudier le fonctionnement de la cellule musculaire lors de la contraction. Le document 2 suivant représente les structures cellulaires et les réactions métaboliques mises en jeu.

1) Identifiez :

- ☞ les structures désignées par les chiffres (de 1 à 8)
- ☞ les molécules X, Y, Z et W.
- ☞ les fonctions (ou voies métaboliques) A, B, et C.

2) Précisez le rôle de la molécule X dans la contraction musculaire. Écrivez l'équation de la réaction correspondante.

Document 2



3) On soumet 4 muscles gastrocnémiens de grenouille,  $M_1$ ;  $M_2$ ;  $M_3$  et  $M_4$ , à des stimulations électriques intenses de même durée.

- $M_1$  est un muscle témoin n'ayant subi aucun traitement.
- $M_2$  a subi un traitement visant à lui bloquer deux voies métaboliques.
- $M_3$  et  $M_4$  ont subi chacun un traitement visant à bloquer une seule voie métabolique.

Le tableau suivant précise les réponses musculaires observées et les résultats des dosages réalisés au niveau des 4 muscles.

N.B. Chaque résultat de dosage figurant dans le tableau correspond à la différence entre la quantité de la substance dosée avant les stimulations ( $Q_1$ ) et la quantité de la même substance à la fin de l'expérience ( $Q_2$ ).

Muscles	Résultats	Réponse musculaire observée	Résultat de dosage de certains constituants moléculaires du muscle ( $Q_1 - Q_2$ ) en unité arbitraire			
			Phosphocréatine	Glycogène	ATP	Acide lactique
$M_1$		Activité (= des secousses) de même durée que les stimulations.	(16 - 16)	(1,08 - 0,8)	(5 - 5)	(1 - 1,3)
$M_2$		Activité de très courte durée	(16 - 16)	(1,08 - 1,08)	(5 - 0)	(1 - 1)
$M_3$		Pas de contraction	(16 - 16)	(1,08 - 1,08)	(5 - 5)	(1 - 1)
$M_4$		Activité de durée moyenne.	(16 - 0)	(1,08 - 1,08)	(5 - 5)	(1 - 1)

Déduisez, en utilisant vos connaissances, les voies métaboliques bloquées chez  $M_2$ ,  $M_3$ , et  $M_4$ . Justifiez.

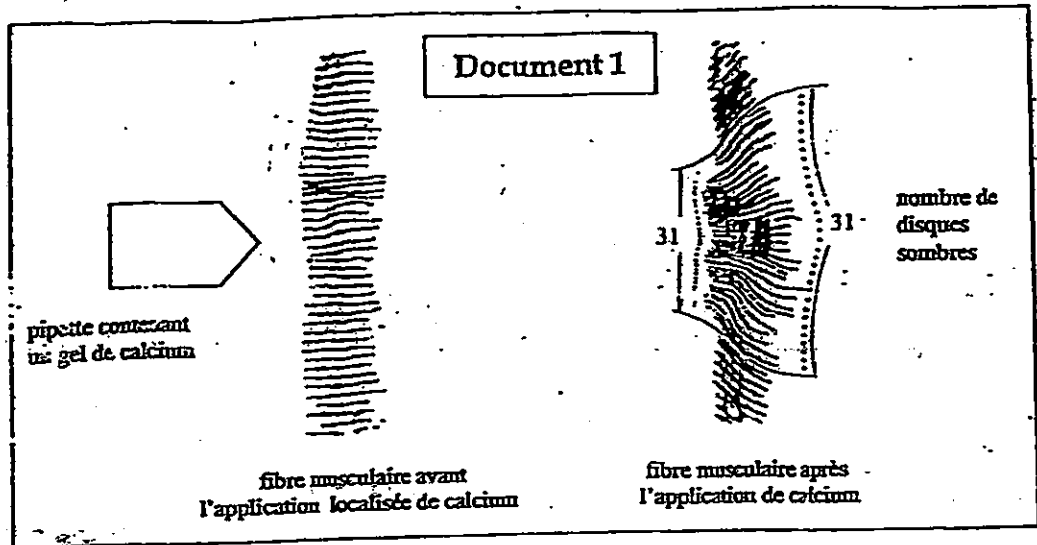
## EXERCICE N°2

### 1. Expérience ①

A l'aide d'une pipette, on applique un gel riche en calcium sur une fibre musculaire au contact d'une petite portion débarrassée de la membrane cytoplasmique.

Le document 1 représente l'état de la portion de la fibre, observé au microscope optique, avant et après l'application du gel.

N.B : les traits observés correspondent à la striation transversale de la fibre.



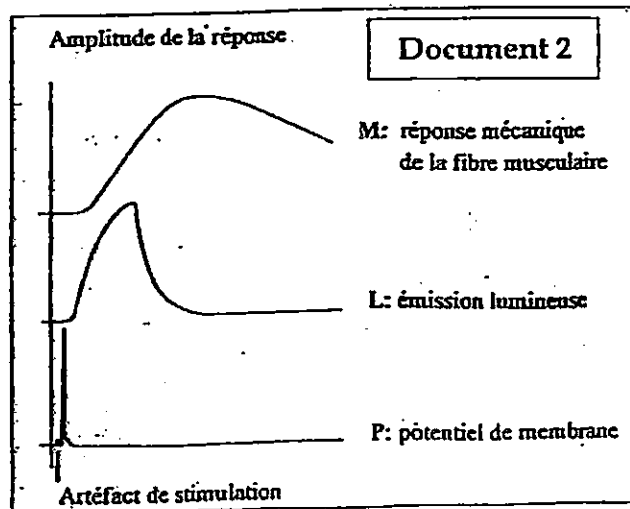
- Déduisez, à partir de l'analyse du résultat, l'effet du calcium sur l'état des unités fonctionnelles de la fibre musculaire.
- Traduisez votre réponse par 2 schémas d'ultrastructures relatifs aux 2 états observés (on exige une légende complète).

### 2. Expérience ②

L'équorine est une protéine qui devient lumineuse en présence d'ions  $\text{Ca}^{2+}$ ; l'émission de lumière est proportionnelle à la concentration des ions  $\text{Ca}^{2+}$  dans le milieu.

On injecte une solution d'équorine dans le sarcoplasme d'une fibre musculaire puis on porte une stimulation efficace sur cette fibre. Le sarcoplasme devient lumineux et la fibre se contracte.

Les courbes du document 2 sont des enregistrements de phénomènes consécutifs à la stimulation de la fibre.



Exploiter le document 2 afin de :

- Déduire la relation entre la concentration des ions  $\text{Ca}^{2+}$  dans le sarcoplasme et les phases de réponse mécanique de la fibre musculaire.
- Établir la chronologie des événements qui se produisent au niveau de la fibre musculaire excitée.

### 3. Expérience ③

On cultive des fibres musculaires dans un milieu contenant du calcium radioactif ( $^{45}\text{Ca}^{2+}$ ). On excite quelques fibres. Par autoradiographie, on constate que la radioactivité est localisée dans le sarcoplasme.

(précisément dans le hyaloplasme) quand les fibres sont contractées et dans le réticulum quand les fibres sont relâchées (la concentration de calcium radioactif est environ 1000 fois supérieure dans le réticulum que dans le hyaloplasme).

Quelle nouvelle précision apportent les résultats de cette expérience ?

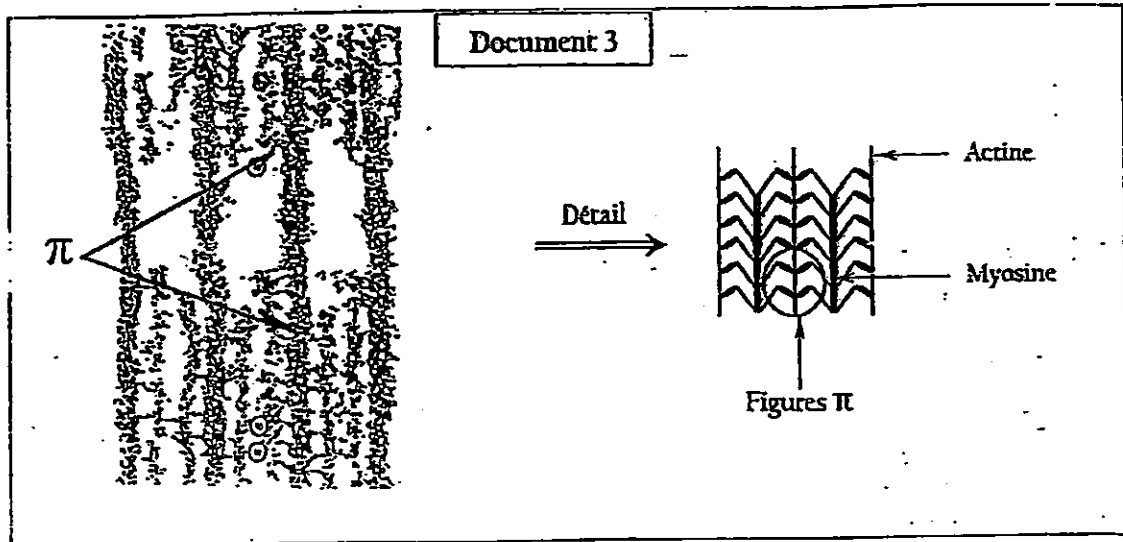
#### 4. Expérience ④

On refait l'expérience ② sur une fibre anesthésiée (non excitable). Il n'y a ni émission lumineuse ni contraction.

Quelle information ce résultat vient-il d'ajouter ?

#### 5. Expérience ⑤

Le document 3 représente le détail d'une myofibrille en cours de contraction. On y observe des figures caractéristiques désignées par les lettres  $\pi$ .



On place in vitro dans 3 milieux différents des filaments d'actine (A) et des filaments de myosine (M) organisés en myofibrilles ; on observe la formation éventuelle des figures  $\pi$ . On mesure dans chaque milieu la production de chaleur, on dose l'ATP et on observe l'aspect des myofibrilles.

Les résultats sont portés sur le tableau suivant :

Milieu de culture	Composants du milieu	Figures $\pi$	Production de chaleur	Evolution de la concentration d'ATP	Observation
a	A + M + ATP	Absentes	Faible	Diminution faible	Pas de contraction
b	A + M + ATP + $Ca^{2+}$	Présentes	Importante	Diminution importante	Contraction
c	A + M + ATP + $Ca^{2+}$ + salyrgan	Présentes	Nulle	Aucun changement	Pas de contraction

\* le salyrgan est un inhibiteur de l'hydrolyse de l'ATP

Exploiter méthodiquement ces résultats afin de préciser le rôle des ions  $Ca^{2+}$  dans la contraction.

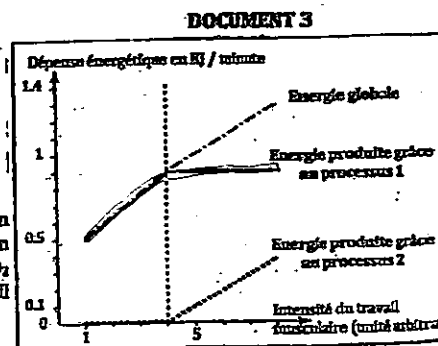
### EXERCICE N°3

Le document 3 suivant montre :

- La quantité d'énergie dépensée en KJ/mminute (énergie globale) au cours d'un travail musculaire d'intensité croissante.
- L'évolution des quantités d'énergies produites grâce à deux processus métaboliques s'effectuant dans la cellule musculaire.

1) Analysez ces courbes en vue de déduire la nature de chacun des deux processus métaboliques.

2) En utilisant vos connaissances, comparez, dans un tableau, l'utilisation du glucose, la production d'acide lactique et la consommation d' $O_2$  correspondants aux intensités 2 et 7 du travail musculaire.



## EXERCICE N°4

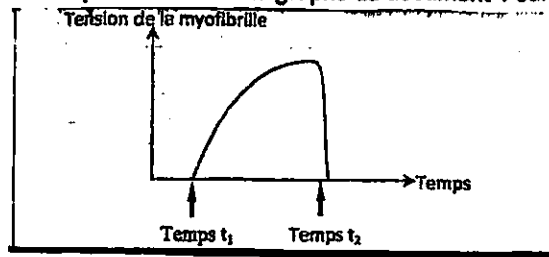
Dans le but d'étudier les phénomènes énergétiques de la contraction musculaire, on réalise les expériences suivantes :

1- **Expérience 1** : On mesure la tension d'une myofibrille placée dans un milieu de culture en deux temps :

- Au temps  $t_1$ , on ajoute de l'ATP
- Au temps  $t_2$ , on ajoute une substance qui bloque l'hydrolyse de l'ATP

Les résultats obtenus sont représentés dans le graphe du document 1 suivant :

### Document 1



Analysez le graphe du document 1 en vue de dégager une condition de la contraction musculaire.

2- **Expérience 2** : On mesure le taux de quelques constituants du muscle dans différentes conditions.

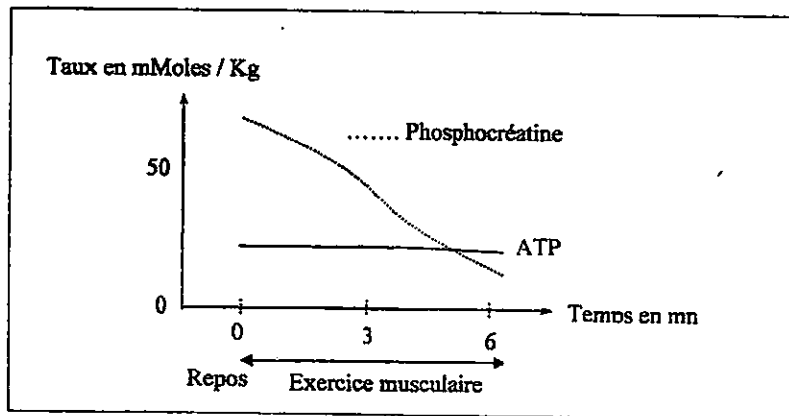
- Le document 2-a représente les taux de glycogène et d'ATP avant et après contraction musculaire

	Glycogène (g/Kg)	ATP (mMoles/Kg)
Avant contraction	10,8	4 à 8
Après contraction	8	4 à 8

### Document 2-a

- Le document 2-b représente les taux d'ATP et de phosphocréatine dans le muscle au repos et lors d'un exercice musculaire de durée 6 minutes.

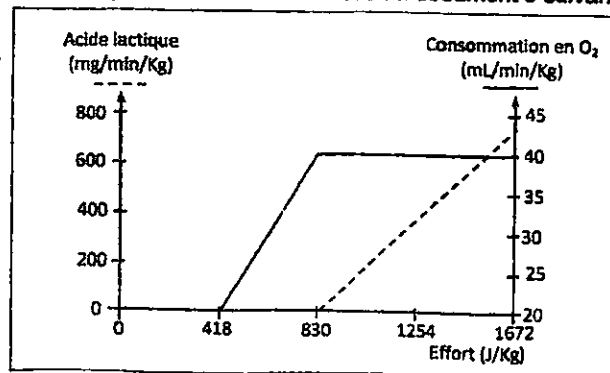
### Document 2-b



- a- Analysez les résultats des documents 2-a et 2-b de l'expérience 2 en vue de dégager les sources de l'énergie musculaire
  - b- En confrontant vos réponse aux questions 1 et 2-a, proposez une hypothèse en rapport avec les taux d'ATP
- 3- **Expérience 3** : On mesure la variation de la consommation d'oxygène et la production d'acide lactique en fonction de l'intensité de l'effort musculaire chez un individu.

Les résultats obtenus sont représentés dans les tracés du document 3 suivant

### Document 3



Analysez les tracés du document 3 en vue de déduire la nature des réactions se déroulant au cours d'une activité musculaire

- 4- A partir de l'exploitation des informations tirées précédemment et en faisant appel à vos connaissances, déduisez les voies métaboliques utilisées par les cellules musculaires pour se procurer de l'énergie nécessaire à leur contraction.

## seu N2 (muscle)

### Ex 1:

- 1: axone
  - 2: plaque motrice
  - 3: myofilament d'actine.
  - 4: myosine.
  - 5: Reticulum sarcoplasmique.
  - 6: sarcolemme
  - 7: Tubule Transverse (système T)
  - 8: sarcoplasme.
- = X: ATP  
 : Y: PC  
 Z: glycose r P  
 W: Acide Lactique
- A: glycolyse.
  - B: Respiration
  - C Fermentation

e) L'ATP est la source primaire et immédiate de l'énergie de la contraction. En effet son hydrolyse fournit de l'énergie dont une partie entraîne le pivotement des têtes de myosine d'où le coulisage des filaments d'actine sur les filaments de myosine.



3) M1 le témoin le PC, l'ATP reste constante, le glycogène reste diminué et l'acide lactique augmente, d'où le témoin M1 vit sans énergie de la glycolyse.

Pour M2 le taux de glycogène et PC et Lactique reste constant. L'ATP s'annule de 5 à 0 ce qui entraîne l'arrêt des contractions malgré la stimulation, or on sait que l'ATP est la source primaire et immédiate de contraction, cette molécule n'est pas pu être régénérée ni par la voie rapide de PC, ni par la voie lente de glycolyse.

→ ces 2 vus sont bloqués

M3: le muscle ne se contracte pas malgré les stimulations, tout les molécules restent constant donc c'est la voie d'hydrolyse d'ATP qui est bloquée.

M4: le muscle se contracte PC s'annule. Les autres molécules restent constantes. D'après M1 c'est la voie de glycolyse qui est utilisée en 1<sup>er</sup> lieu pour la régénération de l'ATP. or cette voie est bloquée pour M4.

### Ex 4:

lorsque on ajoute de l'ATP, la tension de myofibrille augmente mais en ajoutant une substance qui bloque l'hydrolyse de l'ATP, on remarque la chute de la tension.

⇒ l'hydrolyse de l'ATP est nécessaire à la contraction musculaire.

2) Doc 2a: après la contraction le taux de glycogène diminue passant de 10,8 à 8 (g/kg) alors que le taux d'ATP reste inchangé. 4 à 8 mmol/kg.

⇒ la source de l'énergie du muscle est le glycogène.

Doc 2 b: au cours de l'exercice physique le taux de PC diminue alors que l'ATP se maintient stable.

⇒ la phosphocréatine est la source de l'énergie musculaire.

Hypothèse: le taux stable de l'ATP montre une régénération de l'ATP au cours de l'effort musculaire.


### Ex 3:

- la consommation en oxygène augmente en fonction de l'effort musculaire, elle passe de 20 pour un effort de 40 à 60 pour un effort de 80. cette consommation se stabilise à cette valeur au-delà de 80 de l'effort.

⇒ c'est la respiration

b) coupe transversale d'axe myofibrillaire :  
réalisée au niveau du disque sombre en  
dehors de la bande H.

c) - schéma d'un sarcomère avec poos  
et contracté



- l'acide lactique apparaît lorsque la consommation  
de glucose devient constante et la production  
passe de 0 pour un effort de 830 à 700 pour  
un effort de 1672.  
=> c'est la fermentation lactique

4: L'hydrolyse de l'ATP (1)  
- régénération rapide (2 réactions)  
- régénération lente (glycolyse, la respiration  
et la fermentation).

Ex 3  
Pour un travail musculaire d'intensité  
comprise entre 1 et 4, l'énergie produite  
par  $P_2$  augmente progressivement de 0,1  
à 0,9 avec l'augmentation de l'intensité  
du travail. L'énergie produite par  
 $P_2$  est nulle donc l'énergie globale  
provient de  $P_1$ .

=>  $P_2$  = Respiration qui est suffisante  
pour produire de l'énergie nécessaire  
au travail musculaire modéré.

4 pour un travail musculaire d'intensité  
comprise entre 4 et 8, l'énergie produite  
par  $P_1$  est cte = 0,9 et l'énergie produite par  
 $P_2$  augmente progressivement de 0 à 0,4  
avec l'augmentation de l'intensité du  
travail. donc l'énergie globale est  
la somme des deux énergies produites  
par  $P_1$  et  $P_2$  donc  $P_2$  = fermentation  
qui constitue une source supplémentaire

2/ d'énergie en cas d'un travail intense

	I=2 T.moderé	I=7 Travail intense
Utilisation du glucose	Faible.	importante
produit d'acide lactique	nulle.	importante.
Consommation d'O <sub>2</sub> .	suffisante.	max.