

**Corrigé de la série n°9 - Le muscle squelettique - 4Sc**

**EXERCICE N°1 :**

QCM' de 1 à6 p223 du manuel scolaire :

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
a/b	c	b/c	b	a/c	a/b

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
a/d	a/b	b	b/c/d	a/b

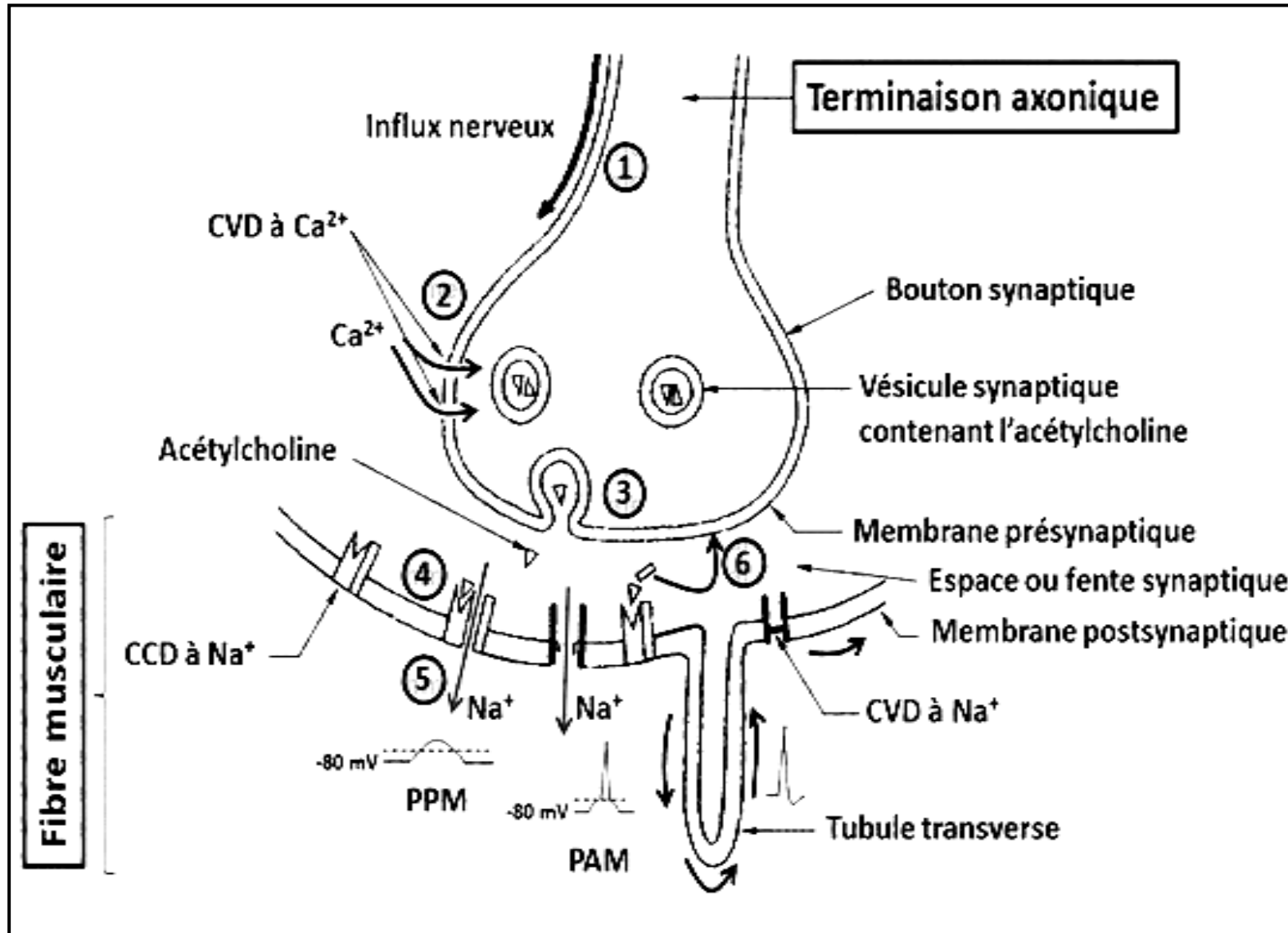
**EXERCICE N°2 :**

1) 1 : gaine de myéline ; 2 : terminaison axonique ; 3élément présynaptique ou bouton synaptique ; 4 : mitochondrie ; 5 : appareil sous-neural ; 6 :myofilament fin d'actine ; 7 : myofilament épais de myosine ; 8- vésicule synaptique ; 9 : myofibrille ; 10 : titre : structure de la synapse neuromusculaire .

2) La transmission neuromusculaire est comparable à la transmission neuroneuronique , elle comporte la cascade d'événements présentés dans la figure ci après :

<b>Etape</b>	<b>Déroulement</b>
<b>①</b>	Arrivée du message nerveux(PA) dans l'élément présynaptique.
<b>②</b>	Dépolarisation de la membrane pré synaptique, ouverture des CVD à Ca++ et entrée d'un flux d'ions Ca++ dans le bouton

	synaptique.
③	Activation des vésicules synaptiques et leur fusion avec la membrane présynaptique.
④	Exocytose de l'acétylcholine dans la fente synaptique et sa fixation sur des récepteurs-canaux spécifiques de la membrane postsynaptique (sarcolemme).
⑤	Entrée d'ions $\text{Na}^+$ à travers les CCD à $\text{Na}^+$ , ce qui entraîne une légère dépolarisation au niveau du sarcolemme générant un potentiel de plaque motrice (PPM).
⑥	<p>: L'Acétylcholine est rapidement hydrolysée par une enzyme : l'acétylcholinestérase, présente à forte concentration dans la fente synaptique, recapture par le bouton synaptique (endocytose) de la choline libérée par l'hydrolyse, celle-ci peut servir à la synthèse de nouvelles molécules d'Acétylcholine et fermeture des CCD à <math>\text{Na}^+</math> entraînant l'arrêt de la transmission synaptique.</p> <p>Lorsque le PPM atteint ou dépasse le seuil, les 1er CVD à <math>\text{Na}^+</math> s'ouvrent permettant l'entrée d'un flux supplémentaire d'ions <math>\text{Na}^+</math> à l'intérieur de la fibre musculaire, ce qui déclenche la naissance d'un potentiel d'action musculaire (PAM), qui se propage dans les tubules transverses du sarcolemme et provoque la contraction de la fibre musculaire.</p>



**EXERCICE N°3 :**

**1) 1<sup>ière</sup> série d'expériences :**

Expérience	Analyse	Dédution
1	<ul style="list-style-type: none"><li>• L'observation microscopique d'un sarcomère avant injection d'ions calcium (<math>Ca^{2+}</math>) dans le sarcoplasme montre un aspect relâché (allongé) du sarcomère.</li><li>• L'observation microscopique d'un sarcomère après injection d'ions calcium (<math>Ca^{2+}</math>) dans le sarcoplasme montre un aspect contracté (raccourci) du sarcomère.</li></ul>	<b>La condition nécessaire au passage du sarcomère de l'état relâché (a) à l'état contracté (b) est la présence de calcium (<math>Ca^{2+}</math>) dans le sarcoplasme.</b>
2	La culture de fibres musculaires dans un milieu contenant des ions $Ca^{2+}$ radioactifs montre : <ul style="list-style-type: none"><li>• Présence de radioactivité c'est-à-dire d'ions <math>Ca^{2+}</math> dans le sarcoplasme quand le sarcomère est contracté.</li><li>• Présence de radioactivité c'est-à-dire d'ions <math>Ca^{2+}</math> dans le réticulum endoplasmique quand le sarcomère est au repos.</li></ul>	

**2)** Suite à la stimulation directe de la fibre musculaire, il y a naissance d'un potentiel d'action musculaire ou PAM (tracé C1) suivie d'une augmentation du taux des ions  $Ca^{2+}$  dans le sarcoplasme (tracé C2) qui est suivie par l'augmentation de la tension musculaire (tracé C3) ; d'où la succession suivante des évènements :

- naissance d'un PAM .
- libération d'ions  $Ca^{2+}$  par le réticulum endoplasmique.
- contraction du sarcomère

**2<sup>ième</sup> série d'expériences :**

**3)**

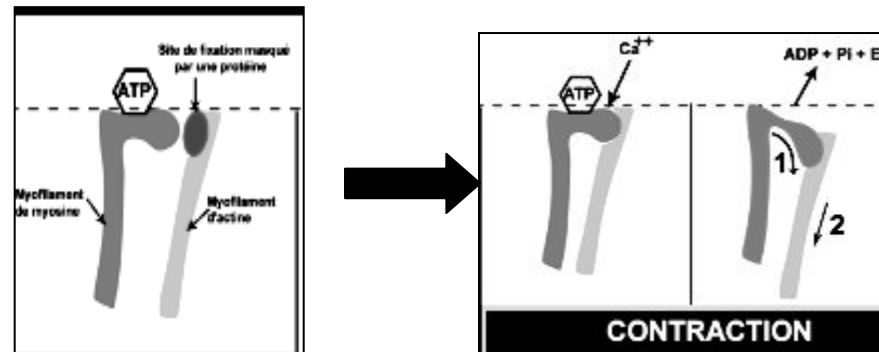
Analyse comparée	Déduction
<p>Aucune interaction ne se fait entre les myofilaments d'actine et de myosine lorsqu'ils sont présentes seulement avec les ions calcium <math>Ca^{++}</math>. Par contre la présence des myofilaments d'actine , de myosine et de l'ATP entraine une interaction entre les deux myofilaments et une diminution de la teneur de l'ATP .</p>	<p><b>La présence de l'ATP est une condition nécessaire pour l'interaction entre les myofilaments d'actine et de myosine.</b></p>

4)

**Le mécanisme de la contraction musculaire :**

les ions  $Ca^{2+}$  permettent la fixation du complexe ATP-myosine sur l'actine ; cette fixation active la propriété ATPasique de la myosine ; l'hydrolyse de l'ATP se produit et une partie de l'énergie libérée provoque le pivotement des têtes des molécules de myosine ce qui entraine le glissement des filaments d'actine et par conséquent le passage de l'état « a » à l'état « b ».

Ou réponse sous forme de schéma commenté :



- Arrivée d'un PAM.
- Sortie des ions  $Ca^{++}$  du réticulum endoplasmique .
- Masquage des sites de fixation .
- Les ions  $Ca^{++}$  permettent la fixation du complexe ATP-myosine sur l'actine .Ce qui augmente l'activité ATPasique de la myosine .
- Hydrolyse de l'ATP.
- Pivotement des têtes de myosine .
- Glissement de l'actine par rapport à la myosine d'où le raccourcissement du sarcomère et son passage de l'état «a » à l'état « b ».

5) 3<sup>ème</sup> série d'expériences :

Analyse	Déduction
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dans la condition1 en ajoutant au muscle M1 une substance qui bloque la glycolyse , la stimulation du muscle M1 est suivie d'une diminution des constituants X et Y mais le constituant Z reste constant .</li> <li>Dans la condition 2 en ajoutant au muscle M2 une substance qui bloque la glycolyse et la dégradation de la phosphocréatine , la stimulation du muscle M2 est suivie d'une diminution du constituant y seulement .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Donc le constituant z est le glycogène .</li> <li>Le constituant X est la phosphocréatine .</li> <li>Le constituant Y est l'ATP .</li> </ul>

6)

Les équations globales des phénomènes énergétiques en rapport avec la contraction musculaire sont :

❖ **Hydrolyse de l'ATP** :  $ATP + H_2O \rightarrow ADP + P_i + \text{Energie}$  cette hydrolyse se fait en présence de l'ATPase Myokinase

❖ **Régénération de l'ATP** : on distingue :

- **Les voies rapides de régénération :**

$ADP + PC \rightarrow ATP + C + \text{chaleur}$  ;  $ADP + ADP \rightarrow ATP + AMP$

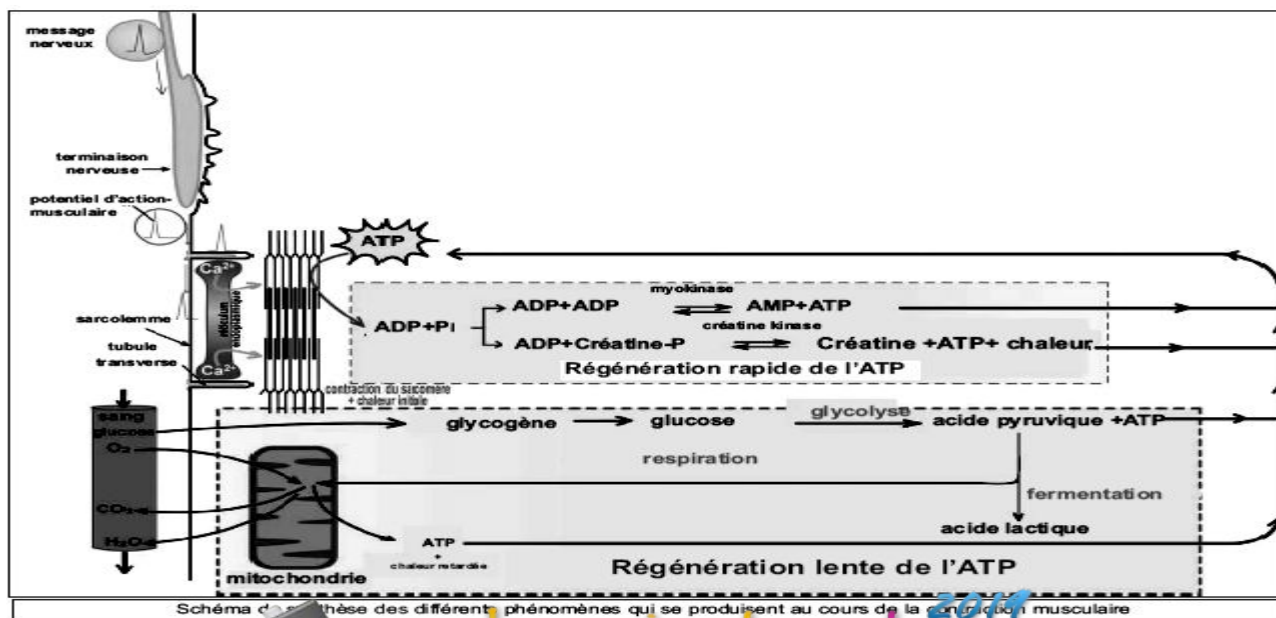
- **Les voies lentes de régénération:**

$\text{Glucose} \sim P \rightarrow 2 \text{acides pyruviques} + 2ATP$  .

$\text{Acide pyruvique} + O_2 \rightarrow H_2O + CO_2 + ATP + \text{chaleur}$  .

Si le dioxygène devient insuffisant :  $\text{acide pyruvique} \rightarrow \text{acide lactique} + ATP$ .

Ou réponse par ce schéma :page 222 du manuel scolaire .

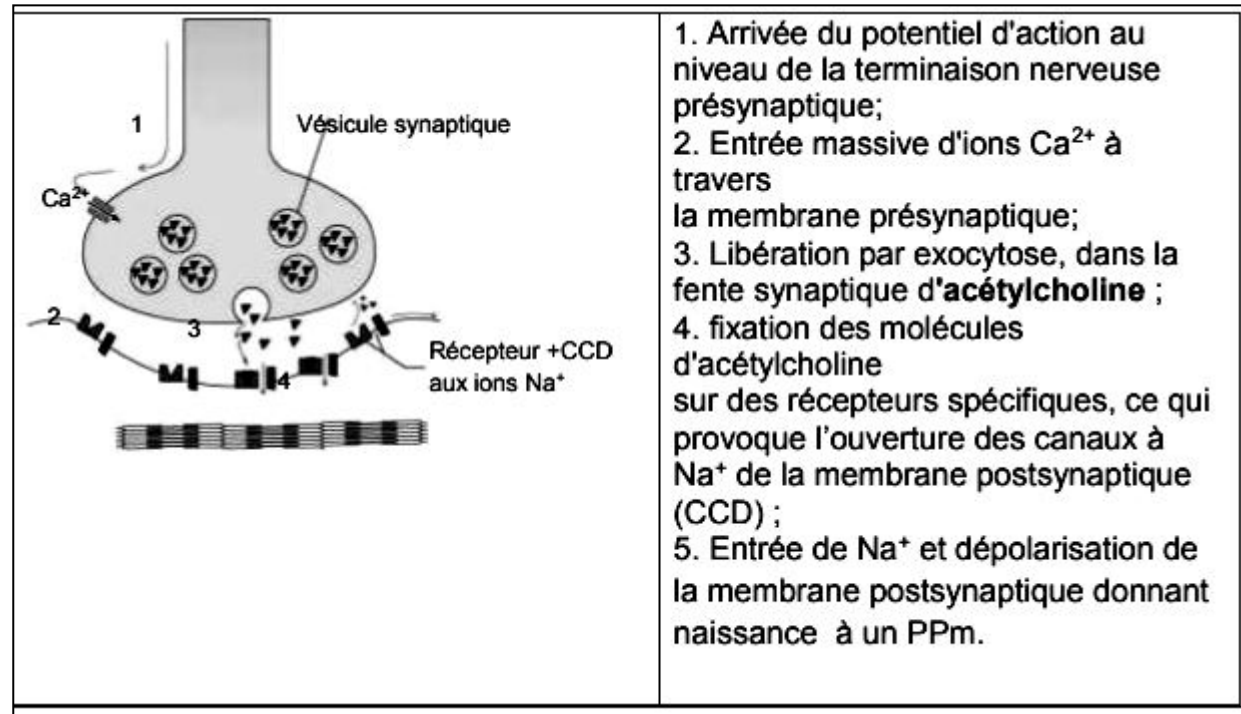


**EXERCICE N°4 :**

1)

Expérience	Analyse	Déductions ( réponse au questions a.b.c)
3	Lors de la stimulation S de l'axone de l'élément présynaptique ( enregistrement d'un PA) on constate la présence des ions calcium dans l'élément présynaptique et la libération de l'acétylcholine dans la fente F3 ainsi que l'enregistrement d'un PAM au niveau de la fibre musculaire .	
4	L'injection de la toxine botulique dans l'élément présynaptique puis la stimulation S de la terminaison axonique un PA présynaptique , la présence des ions calcium dans l'élément présynaptique mais pas d'acétylcholine en fente F3 ainsi que l'absence d'un PAM dans la fibre musculaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>La toxine botulique empêche l'exocytose des vésicules d'acétylcholine dans la fente synaptique.</b></li> </ul>
5	L'addition de la conotoxine dans le liquide physiologique puis la stimulation S de la terminaison axonique entraine un PA présynaptique , l'absence des ions Ca++ dans l'élément présynaptique , un taux nul d'acétylcholine en F3 et l'absence d'un PAM au niveau de la fibre musculaire .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>La conotoxine empêche l'entrée des ions calcium dans l'élément présynaptique .</b></li> <li>• <b>Les ions calcium permettent la libération par exocytose de l'acétylcholine dans la fente F3.</b></li> </ul>
6	L'injection du curare dans la fente F3 puis la stimulation S portée au niveau de l'axone de l'élément entraine l'enregistrement en O3 d'un PA , montre la présence d'ions Ca++ dans l'élément présynaptique et l'acétylcholine dans la fente F3 et un potentiel de repos PR en O4 .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Le curare se fixe sur les récepteurs spécifiques de l'acétylcholine situés sur la membrane postsynaptique en l'empêchant ainsi d'agir à ce niveau</b></li> <li>• <b>L'acétylcholine se fixe sur les récepteurs spécifique de la membrane postsynaptique( sarcolemme) induisant ainsi l'ouverture des CCD à Na+ .</b></li> </ul>

2)



### EXERCICE N°5 :

A/

1) 1: vésicule synaptique ; 2 :mitochondrie ; 3 : fente synaptique 4 : myofibrille . ; Titre : Ultra structure d'une synapse neuro musculaire  
2) **Structure ( A ) : élément présynaptique ( terminaison nerveuse)** car il montre des vésicules synaptiques et des figures d'exocytose

**Structure( B ) : élément post synaptique( membrane musculaire)** car il montre des invaginations au niveau du sarcolemme ( tubules transverses) et la présence de myofibrilles .

3) la succession des événements qui se produisent depuis l'arrivée du potentiel d'action au niveau de la structure A jusqu'à la naissance d'un potentiel d'action au niveau de la structure B est la suivante:

1. Arriver d'un PA au niveau de la terminaison nerveuse.
2. Ouverture des canaux voltage dépendant (CVD) à  $Ca^{2+}$  et entrée massive de ces ions dans le bouton synaptique.
3. Libération par exocytose, dans la fente synaptique, du neurotransmetteur acétylcholine(ACh).
4. Fixation des Molécules d'ACh sur des récepteurs spécifiques, ce qui provoque l'ouverture des des canaux chimio- dépendant (CCD) à  $Na^+$  de la membrane post synaptique.



## Mbarka .Harbawi lycée Regueb

5. Entrée massive de Na<sup>+</sup> qui déclenche la dépolarisation de membrane post synaptique ou potentiel de plaque motrice (PPM)

6. Une fois le PPM atteint le seuil de -50 mv et suite à l'ouverture de CVD à Na<sup>+</sup> on a naissance d'un potentiel d'action musculaire(PAM) qui va se propager le long de la membrane de la fibre musculaire.

4) a+b

Synapse	Particularité structurale	Particularité fonctionnelle
Neuromusculaire ( doc1)	-Très grande ( géante) , présentant des tubules transverses sur la membrane post synaptique ( membrane repliée) -Présence des CVD sur la membrane post synaptique .	-Donne naissance à un PPM inférieur ou non au seuil (-80mv) .Ce PPM s'il atteint le seuil il déclenche un PAM propageable .  -Les PPM sont non sommables
Neuroneuronique excitatrice	--Très petite présentant une membrane post synaptique lisse non repliée . -Absence de CVD sur la membrane post synaptique .	-Donne naissance à un PPSE inférieur ou non au seuil .Les PPSE sont sommables dans certaines conditions . -Pas de naissance de PA

B/

1) La structure '(S) montre des demis disque claires , un disque sombre , une bande H et deux stries Z , d'où cette structure est un sarcomère .

2) Comparaison des états « a » et « b » du document 1

	Structure à l'état 1	Structure à l'état 2
<b>Les similitudes</b>	*La présence de deux demis disques claires et d'un disque sombre présentant dans son milieu une bande H. *La longueur du disque sombre est la même dans la structure S aux deux états (1 et 2).	
<b>Les différences</b>	*une distance entre les stries Z plus importante *une longueur de la bande H plus importante *une longueur plus importante des 2 demis bandes claires	*une distance entre les stries Z moins importante *une longueur de la bande H moins importante *une longueur moins importante des 2 demis bandes claires

3) **Aspect A** : se localise dans La bande H car il ya seulement des myofilaments épais de myosine .

**Aspect B** : se localise au niveau du disque sombre ( disque A) car il ya des myofilaments fins d'actine et des myofilaments épais de myosine .

C/ 1)

1 :myofilament épais de myosine ; 2 : tête de myosine ; 3 : myofilament fin d'actine 4: site de fixation de la tête de myosine sur l'actine .

2)

**Figure A** : Repos

**Figure B** :.Retour au repos ( relâchement)

**Figure C** : Pivotement des têtes de myosine et glissement de l'actine ( contraction du sarcomère )

**Figure D** : Démasquage du site de fixation de la tête de myosine .

**D'où l'ordre chronologique : A-D-C-B**

3)

<b>Etape</b>	<b>Condition de réalisation</b>
<b>B</b>	-Retour , par transport actif , des ions calcium $Ca^{++}$ à leur citernes au niveau du réticulum sarcoplasmique . -Fixation de l'ATP sur la tête de myosine .
<b>C</b>	-Hydrolyse de l'ATP .
<b>D</b>	-Fixation des ions $ca^{++}$ sur l'actine .

**\*\*\* fin \*\*\***