Exercice 1 :

Une excitation efficace d'un muscle *via* son nerf moteur fait naitre un potentiel d'action nerveux qui conduit à l'obtention d'un potentiel d'action musculaire lequel déclenche la contraction musculaire.

Après avoir décrit les mécanismes qui conduisent à l'obtention du potentiel d'action musculaire à partir du potentiel d'action nerveux, montez comment le potentiel d'action musculaire déclenche-t-il la contraction musculaire.

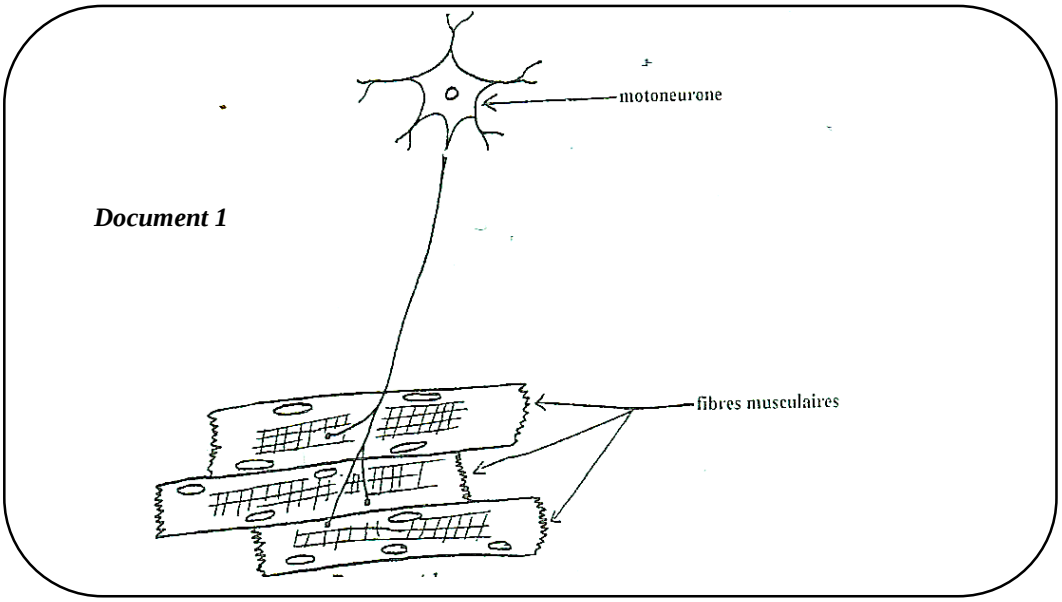
N.B : *Un schéma fonctionnel de synthèse est attendu.*

Exercice 2 :

On étudie quelques propriétés des muscles dans le but de préciser les rapports existant entre certains aspects de leur fonctionnement et leur structure.

1°) A partir de l'analyse du *document 1,* définissez une unité motrice.

Document 1



2°) Des observations histologiques ont permis de d'obtenir les données du *document 2 ci-dessous.*

Muscle envisagé	***Nombre de fibres nerveuses motrices innervant le muscle***	***Nombre total de fibres musculaires dans le muscle innervé***
Grenouille :		
• *Muscle cutané dorsale*	9	200
Homme :		
• *Moteur oculaire droit externe*	1740	22 000
• *Gastrocnémien médian*	579	1 000 000

Document 2

On propose quelques données concernant le fonctionnement musculaire :

- Chez la Grenouille : on porte sur le nerf du muscle cutané dorsal des stimulations successives d'intensité régulièrement croissante. L'écart entre les intensités de deux stimulations successives est extrêmement faible. On évalue pour chaque stimulation l'amplitude de la secousse musculaire : les résultats obtenus sont reportés sur le *document 3.*
- Chez l'Homme : le muscle droit externe de l'œil permet des mouvements très fins du globe oculaire; le muscle gastrocnémien du mollet permet des mouvements beaucoup moins précis du pied.

La tension développée est évaluée à 4,5 mg pour une fibre musculaire du moteur droit externe de l'œil, et à 57 mg pour une fibre du muscle gastrocnémien médian.

a. Calculez le nombre moyen de fibres musculaires par unité motrice pour chacun des de ces muscles en utilisant les données du *document 2.*

b. Grâce aux valeurs trouvées, calculez la tension développée par une unité motrice de chacun des deux muscles chez l'Homme.

c. Comment pourriez-vous maintenant expliquer les différences constatées dans les caractères des mouvements que déterminent ces muscles ?

d. Interprétez les résultats expérimentaux présentés par le *document 3.*

3°) On a pu étudier chez le Chat, les propriétés des unités motrices de divers muscles.

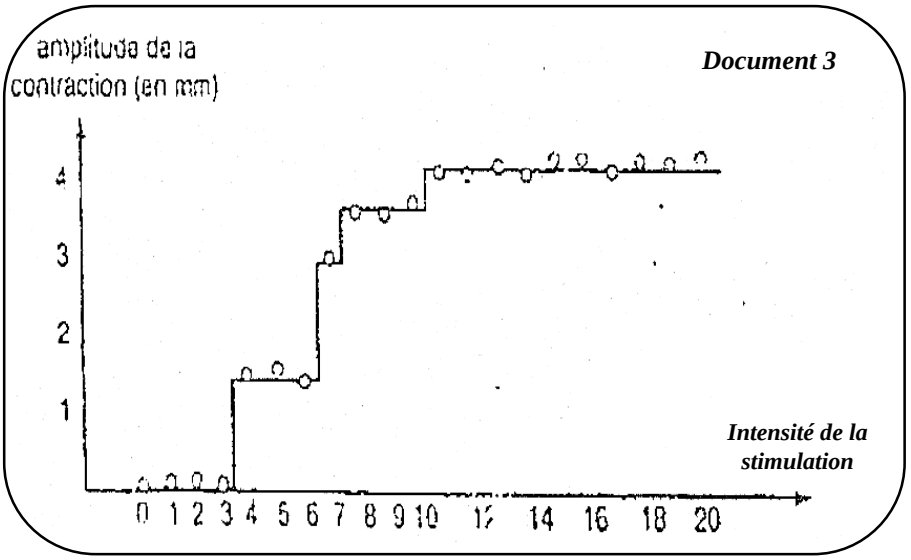
❖ ***1ère série d'expériences :***

On stimule, à l'aide de microélectrodes, les neurones moteurs de la moelle épinière.

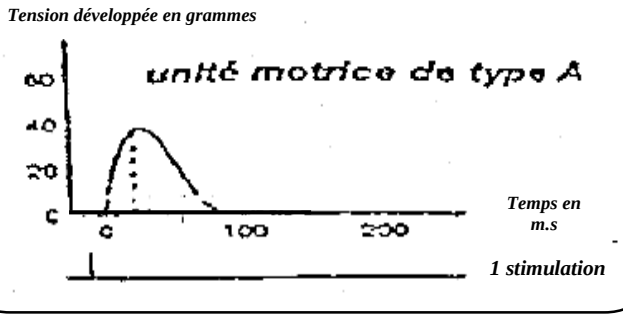
Un myographe permet d'enregistrer les contractions musculaires *(documents 4a, 4b, 4c et 4d).* Des stimulations d'intensité constante ont permis de distinguer deux types principaux de fibres motrices.

a. En quoi les caractères des enregistrements 4a et 4b permettraient-ils de prévoir les résultats obtenus en 4c et 4d ?

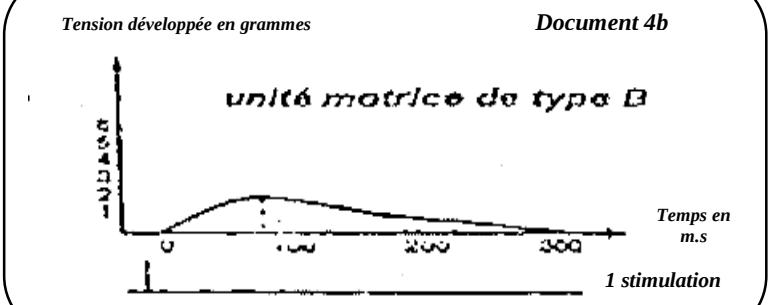
Document 3



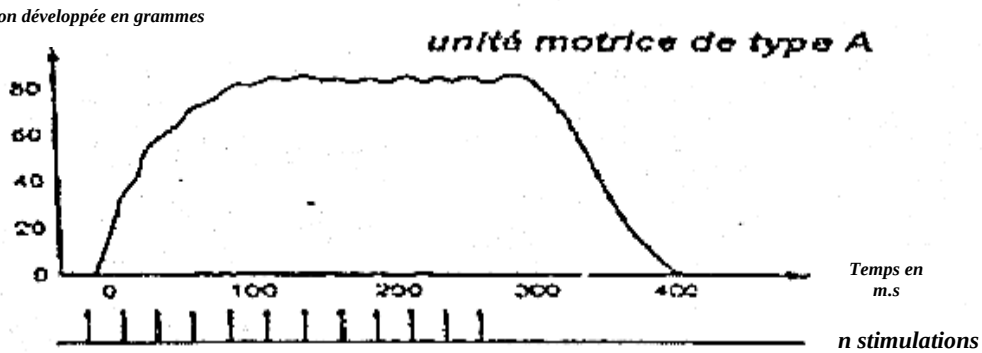
Document 4a



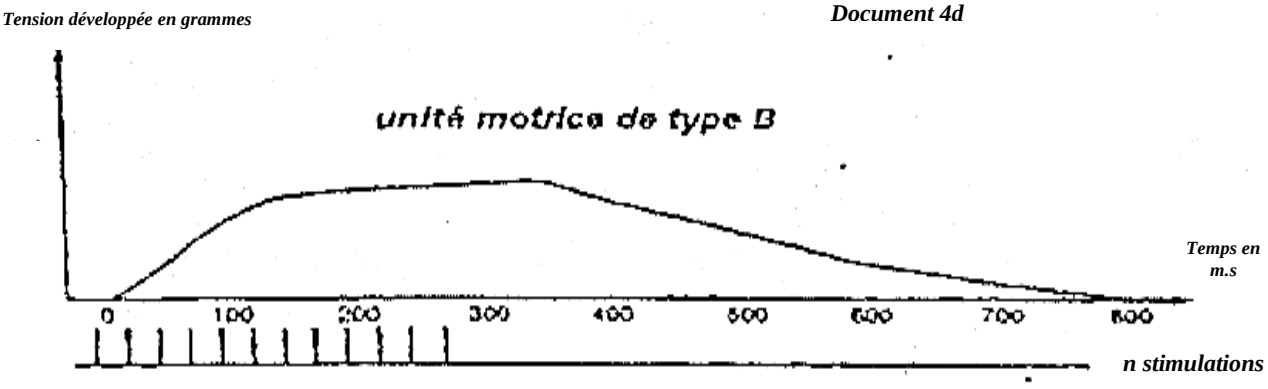
Document 4b



Document 4c

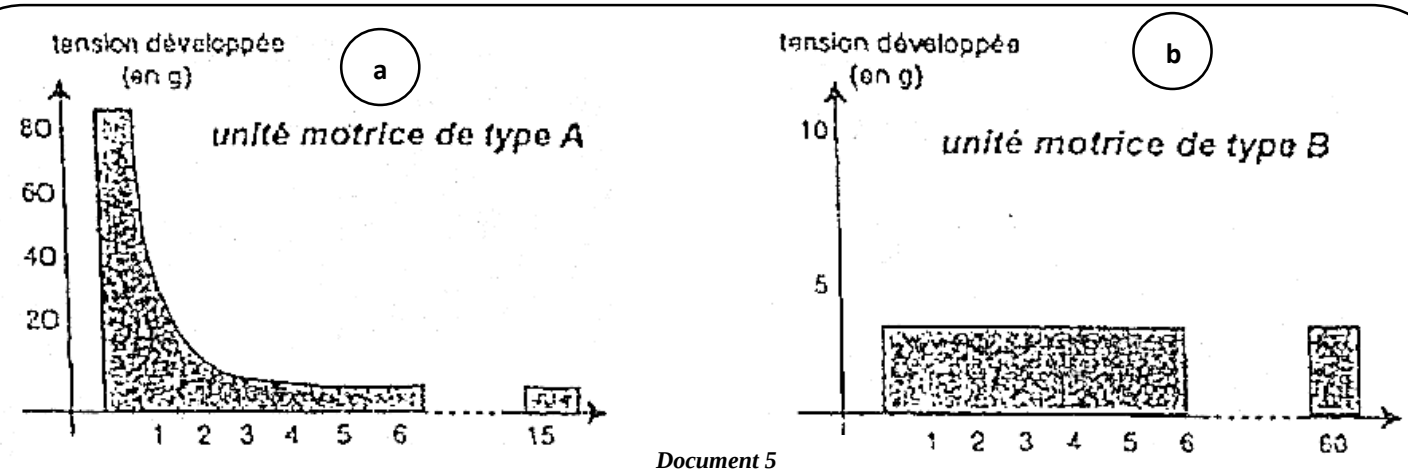


Document 4d



❖ ***2ère série d'expériences :***

On excite les deux types d'unités motrices à la fréquence de 40 stimulations par seconde, pendant 1/3 de seconde, et cela toutes les secondes. On poursuit cette expérience pendant plusieurs dizaines de minutes. Le *document 5* correspond aux enregistrements obtenus.



Document 5

***NB** : Pour faciliter la lecture et la comparaison de tous les myogrammes un tétanos sur six est représenté par un trait vertical indiquant son amplitude.*

b. En quoi ce *document 5* confirme-t-il ce que nous venons d'apprendre au sujet des propriétés des unités motrices de types A et B ?

4°) Le muscle gastrocnémien médian et le muscle soléaire sont deux muscles extenseurs du pied chez le Chat. Le muscle soléaire est un muscle de « posture », c'est-à-dire qu'il maintient la patte redressée par ses contractions soutenues. Le muscle gastrocnémien médian, qui intervient également dans le maintien de la posture, est surtout mis en jeu dans des mouvements de la patte.

Les unités motrices de ces deux muscles ont été étudiées systématiquement. On a ainsi établi que le muscle soléaire comporte presque exclusivement des unités motrices de type B, alors que le muscle gastrocnémien médian comporte les deux types d'unités motrices A et B dans les proportions suivantes: 77% de type A et 23% de type B.

En utilisant les conclusions précédentes, mettez en évidence les rapports entre l'organisation de ces muscles et leurs aptitudes fonctionnelles.

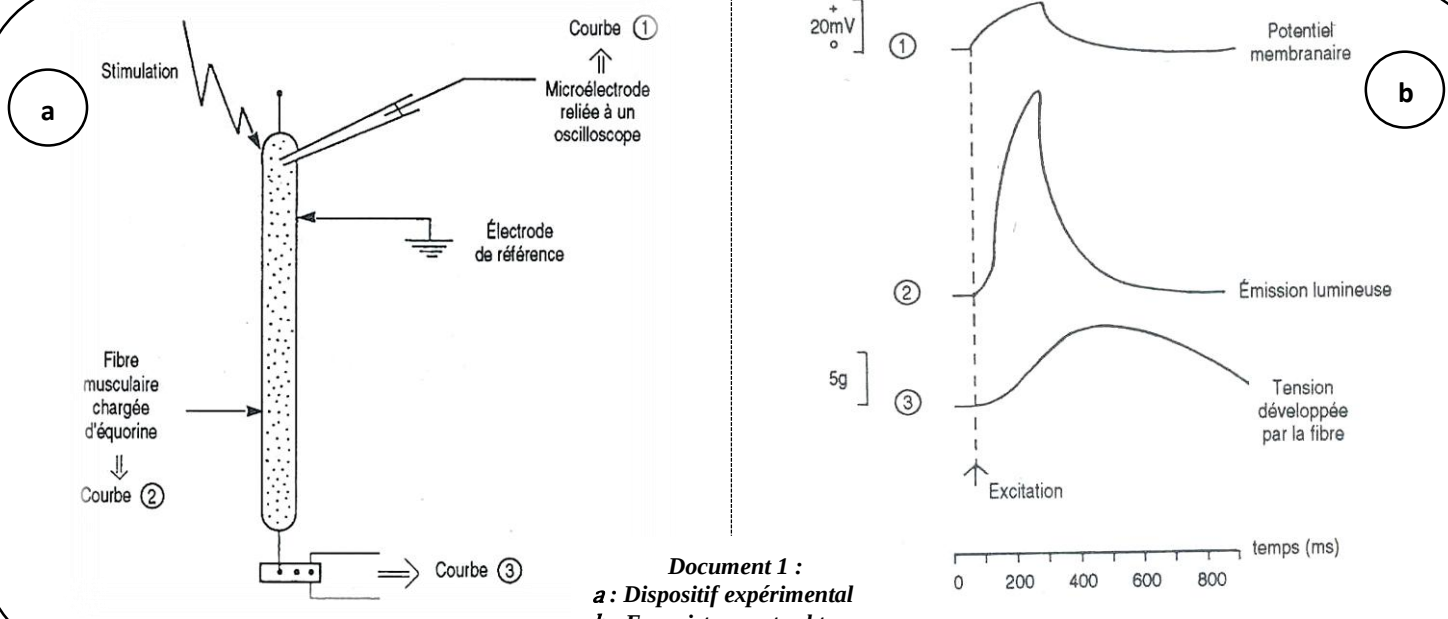
Exercice 3 :

A- On se propose d'étudier comment les ions Ca^{2+} interviennent lors de la contraction musculaire. Pour cela, on réalise les expériences suivantes :

Première expérience 1:

L'équorine est une protéine (*extraite de certaines Méduses*) qui devient luminescente quand elle a fixé deux ions Ca^{2+} par molécule : l'émission de lumière est donc proportionnelle à la concentration des ions Ca^{2+} du milieu.

Après avoir injecté de l'équorine dans le cytoplasme d'une fibre musculaire géante de Balane (*un crustacé*), on étudie l'effet d'une excitation électrique grâce à un dispositif expérimental approprié qui permet d'enregistrer simultanément le potentiel de membrane, l'émission lumineuse et la tension mécanique développée par la fibre musculaire (*voir document 1*).



Document 1 :
a : Dispositif expérimental
b : Enregistrements obtenus

Deuxième expérience 2 :

Après avoir injecté au préalable du ^{45}Ca (radioactif) dans des fibres musculaires, on fixe ces fibres en phase de relâchement ou en phase de contraction. On constate, par autoradiographie, que la radioactivité est située essentiellement dans les cavités du réticulum endoplasmique (*concentration environ mille fois supérieure à celle du cytoplasme*) lors de la phase de relâchement, et située massivement dans tout le cytoplasme lors de la phase de contraction.

1°) a. Indiquez quels sont les mouvements du calcium mis en évidence par la première expérience.

b. Ces mouvements sont-ils en accord avec les faits décrits dans la deuxième expérience et quelle précision est apportée ?

c. Quelle succession d'événements est montrée par l'étude des trois courbes ?

2°) Dans l'hypothèse où l'on pourrait disposer d'une fibre décalcifiée, quels enregistrements prévoyez-vous dans le cas d'une stimulation de cette fibre (*stimulation identique à celle de la première expérience*) ? Justifiez votre réponse.

3°) Pour préciser le rôle du calcium, on mélange dans un milieu, convenablement choisi de l'actine et des têtes de myosine, obtenues, par l'action de la papaïne (enzyme). Ceci est réalisé soit en l'absence, soit en la présence d'ions Ca^{2+}. L'ATP est une molécule intervenant lors de la contraction musculaire. Le *document2* donne les résultats du comportement de l'ATP quand il est mis en présence de certains constituants des myofilaments.

	Contenu du milieu	
Expériences	*Au départ*	*Au bout d'un certain temps*
1	myosine + ATP + Ca^{2+}	myosine, ATP, Ca^{2+} ADP et P en faibles quantités
2	actine + ATP + Ca^{2+}	actine, ATP, Ca^{2+}
3	myosine + actine + ATP + Ca^{2+}	myosine, actine, ATP, Ca^{2+} ADP et P en grandes quantités
4	têtes myosine + actine + ATP + Ca^{2+}	têtes myosine, actine, ATP, Ca^{2+} ADP et P en grandes quantités

Document 2

Après avoir rappelé ce qu'est l'ATP, vous indiquerez, d'après l'étude de ce tableau, dans quelles conditions et comment l'ATP est utilisé lors de la contraction musculaire.

B- On se propose à présent à rechercher l'origine de l'ATP nécessaire à la contraction musculaire. Pour cela, on dose quatre molécules dans un muscle isolé de Grenouille (*voir le document 5*). Ce muscle est soumis à une série d'excitations électriques rapprochées dans trois conditions expérimentales différentes:

* *A: aucun traitement n'est réalisé sur le muscle.*
* *B : on a traité le muscle avec de l'acide iodoacétique qui a la propriété de bloquer la glycolyse.*
* *C: on a traité le muscle avec l'acide iodoacétique et avec une substance inactivant l'enzyme E intervenant dans la réaction séparant la créatine et le phosphate constituant la phosphocréatine.*

Le *document 3* donne les résultats obtenus. On indique que lors des expériences A et B, le muscle se contracte pendant toute la durée des excitations; lors de l'expérience C, la contraction s'interrompt rapidement malgré les excitations.

	Constituants musculaires (mg/g de muscle frais)			
	Glycogène	*Acide lactique*	*ATP*	*phosphocréatine*
Avant contraction	1, 08	1	1,35	1
Expérience A	0,8	1,30	1,35	1
Expérience B	1, 08	1	1,35	0,3
Expérience C	1, 08	1	0	1

Document 3

Expliquez, à partir de l'étude précise des résultats de chaque expérience, quels sont les mécanismes qui ont permis à la fibre de disposer d'ATP.

"Notre vie vaut ce qu'elle nous a coûté d'efforts."

[François Mauriac]