

CONCOURS G2E

**BIOLOGIE 1**

Durée : 1 heure 30

---

Les calculatrices sont interdites.

L'usage de tout ouvrage de référence et de tout document est strictement interdit.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il en fait mention dans sa copie et poursuit sa composition. Dans ce cas, il indique clairement la raison des initiatives qu'il est amené à prendre.

Les candidats doivent respecter les notations de l'énoncé et préciser, dans chaque cas, la numérotation de la question posée.

Une grande attention sera apportée à la clarté de la rédaction et à la présentation des différents schémas.

Il n'est pas nécessaire de rédiger une introduction et une conclusion.

Les documents peuvent être découpés et collés sur la copie à condition d'être légendés, commentés ou exploités.

Remarque importante : les questions suivent une problématique progressive, le jury vous conseille donc de les aborder dans l'ordre du sujet.

---

## **QUELQUES ASPECTS STRUCTURAUX ET FONCTIONNELS DES CELLULES MUSCULAIRES**

### **1. LA DIVERSITÉ DES CELLULES MUSCULAIRES (3 points)**

Les documents 1A, 1B et 1C page 7 présentent trois types de cellules musculaires observés au microscope électronique à transmission.

- 1.1. Coller et légenter précisément les documents 1A, 1B et 1C. En déduire le type de chacune de ces cellules musculaires.
- 1.2. Localiser, à l'aide d'un exemple précis, chacune de ces cellules musculaires chez l'homme.

### **2. ETUDE PARTICULIÈRE DU CYTOSQUELETTE DES MYOCYTES (6 points)**

#### **2.1. L'organisation des myofilaments fins et épais**

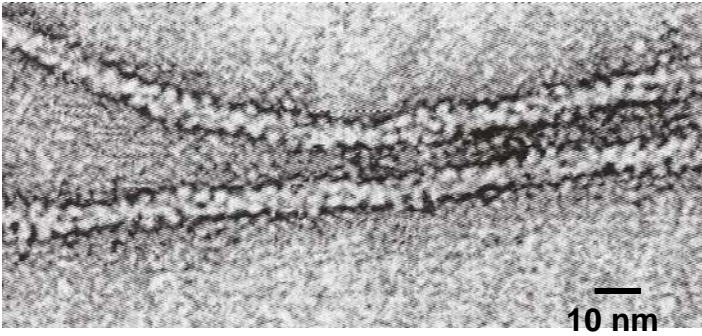
Le document 2 page 9 est une microphotographie qui montre l'organisation des myofilaments fins et épais dans un myocyte de chat.

- 2.1.1. Coller et légenter le document 2 en indiquant tous les points suivants : bande A, strie Z, actine, myosine, bande H, bande I, sarcomère, ligne M

#### **2.2. Etude précise des myofilaments fins :**

Le document 3 page 2 est une microphotographie qui montre l'organisation des myofilaments fins.

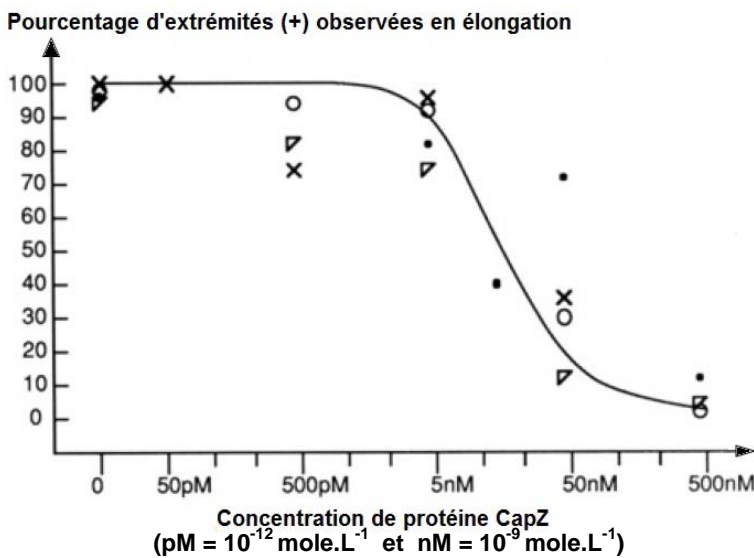
- 2.2.1. A l'aide du document 3 et de vos connaissances personnelles, schématiser un myofilament fin en précisant son extrémité (+) et son extrémité (-). Expliquer en quelques lignes l'origine de cette orientation.



**Document 3 : Observation au microscope électronique à transmission d'un myofilament fin en coloration négative.**

(D'après *Biologie moléculaire de la cellule*, Alberts et al., 3<sup>ème</sup> édition, 2005, De Boeck)

La protéine CapZ est une protéine qui s'associe in vivo aux myofilaments fins. On isole cette protéine et on l'ajoute à  $1,4 \mu\text{mole.L}^{-1}$  de myofilaments fins purifiés. Au bout de 30 secondes de contact, le résultat de cette association est observé au microscope. L'ensemble des résultats est regroupé sur le **document 4**.



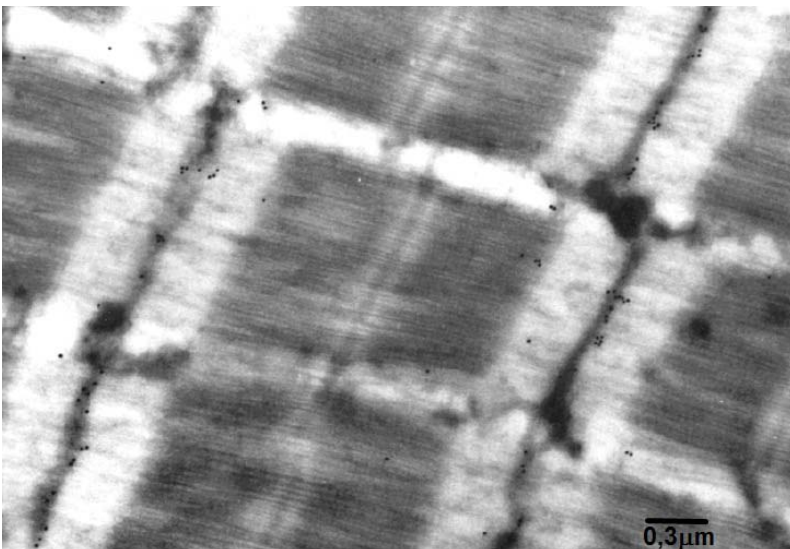
**Document 4 : Effet de la concentration en protéine CapZ sur la polymérisation des myofilaments fins.**

Les quatre symboles représentent les expérimentations réalisées sur quatre jours différents. Dans une expérience de contrôle réalisée sans protéine CapZ, la polymérisation des myofilaments fins est linéaire.

(D'après *Effects of CapZ on the polymerization of fine protein of muscle*, Caldwell JE and al., *Biochemistry*, 28:8506-8514, 1989)

### 2.2.2. Analyser et interpréter le document 4.

On synthétise des anticorps anti-protéine CapZ et on fixe sur ces anticorps des billes d'or de 15 nm de diamètre. Ces anticorps sont ensuite ajoutés à des coupes fines de muscle pectoral de poulet. Le résultat est observé, après rinçage délicat, au microscope électronique à transmission : **document 5**.



**Document 5 : Immunolocalisation de la protéine CapZ sur une portion de muscle pectoral de poulet observée au MET.**

(D'après *CapZ, a barbed end fine protein-capping protein*, Casella JF, Craig SW and al., *The Journal of Cell Biology*, volume 105:371-379, 1987)

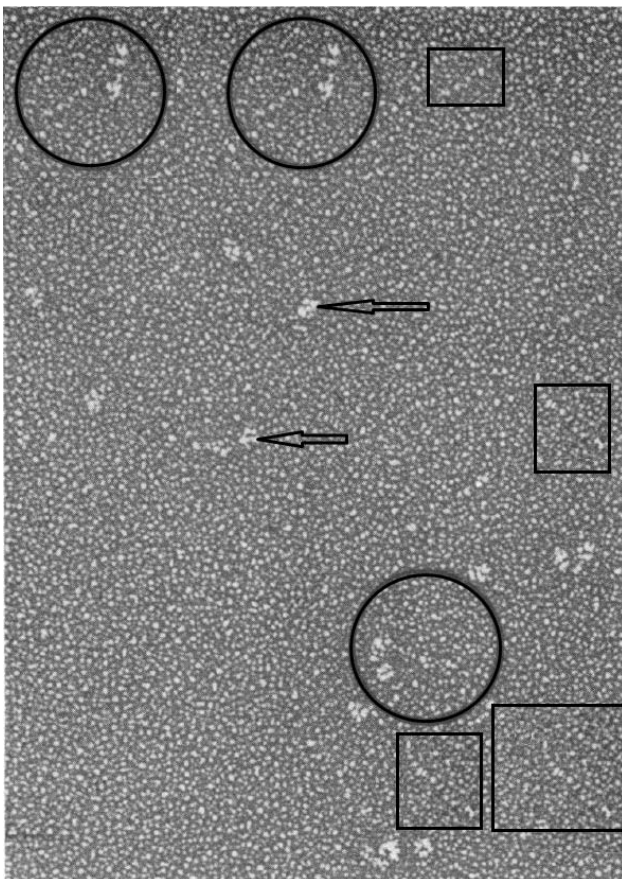
- 2.2.3. Analyser le document 5. Que pouvez-vous en déduire sur l'orientation des myofilaments fins dans un sarcomère ? Quelle est la limite de la technique employée dans le document 5 ?  
Indiquer les extrémités (+) et (-) des myofilaments fins sur le document 2.

### 2.3. Etude précise des myofilaments épais

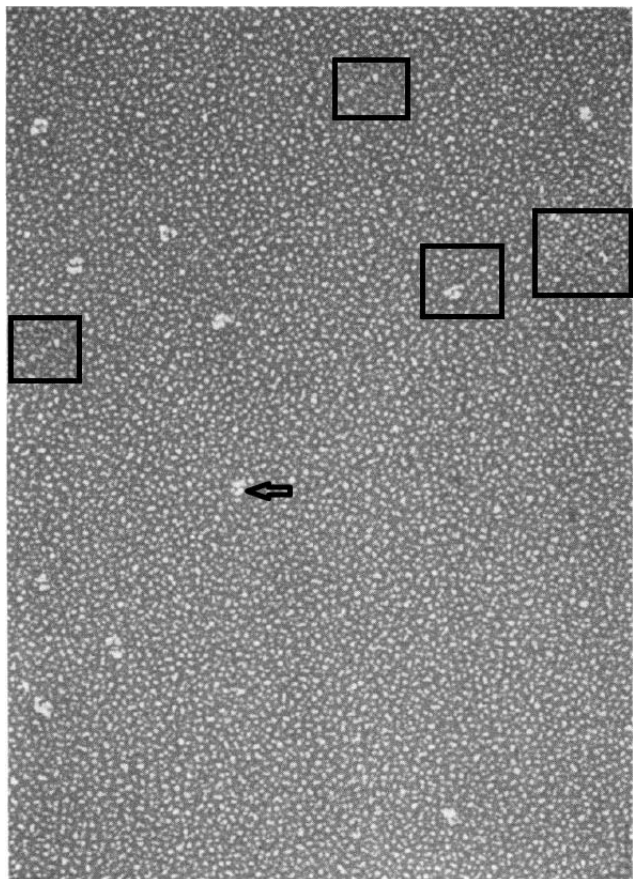
On extrait et on isole des myofilaments épais d'un myocyte. On fait agir sur ces myofilaments isolés une enzyme protéolytique, la papaïne. Dans une première expérience, la papaïne est ajoutée à [papaïne] = 0,003 mg.mL<sup>-1</sup>, puis on élimine l'enzyme par centrifugation et on observe le résultat de la digestion au microscope électronique à transmission (**document 6a**). Dans une seconde expérience la papaïne est ajoutée à [papaïne] = 0,3 mg.mL<sup>-1</sup>, puis on élimine l'enzyme par centrifugation et on observe le résultat de la digestion au microscope électronique à transmission (**document 6b**). Dans les deux expériences, le temps de contact papaïne-myofilament est identique.

Pour faciliter la lecture, certaines zones du document 6 sont soulignées par un ◻, un ● ou une ⇨.

**Document 6A**



**Document 6B**



**Document 6** : Observation au microscope électronique à transmission de myofilaments épais digérés par la papaïne. Grossissement : x150000

6A - Faible concentration papaïne

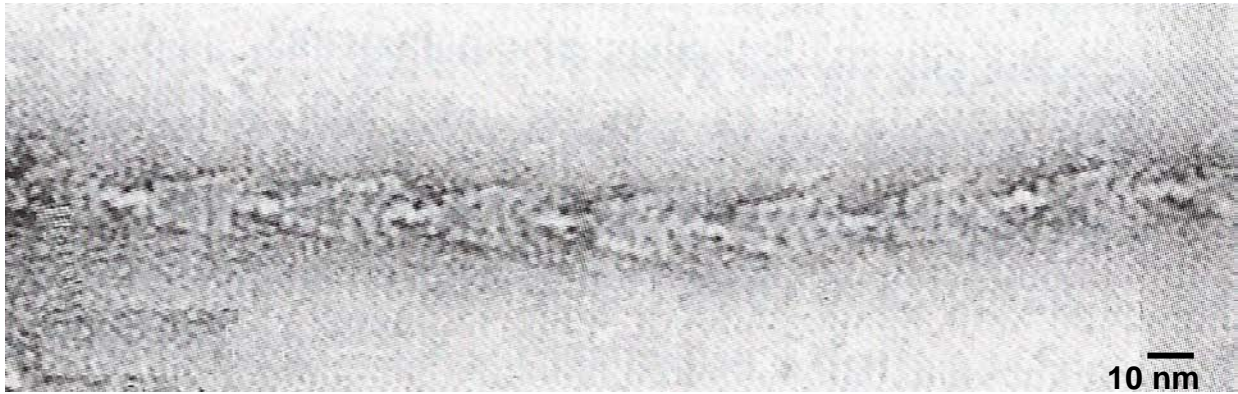
6B - Forte concentration papaïne

(Modifié d'après *Substructure of the thick filament as visualized by electron microscopy*, Slayter HS and Lowey S, *Proc.Nat.Acad.Sci*, volume 58:1611-1618, 1967)

- 2.3.1. Comparer les documents 6a et 6b et expliquer les résultats obtenus. A l'aide de ces résultats et de vos connaissances personnelles, schématiser un myofilament épais en précisant la zone d'action de la papaïne.

Les fragments de myofilament épais pointés par les flèches sur le document 6 (⇨), sont isolés et purifiés en grand nombre. On les mets alors en contact avec des myofilaments fins. Le résultat obtenu est donné par le **document 7 page 4**.

- 2.3.2. Expliquer les différences observées entre les myofilaments fins du document 7 et du document 3. En déduire comment s'associent, in vivo, les myofilaments fins et épais.



**Document 7 :** Observation au microscope électronique à transmission, en coloration négative, d'un myofilament fin mis au contact d'un excès de fragments de myofilaments épais du type de ceux pointés par les flèches sur le document 6 (⇒).

(D'après *Biologie moléculaire de la cellule*, Alberts et al., 3<sup>ème</sup> édition, 2005, De Boeck et Modifié d'après *Structure of the actin-myosin complex in the presence of ATP*, Craig R. and al., National Academy Sciences USA, *Cell Biology*, 82 : 3247-3251, 1985)

### 3. ETUDE FONCTIONNELLE DES MYOCYTES (7 Points)

#### 3.1. Le sarcomère en action :

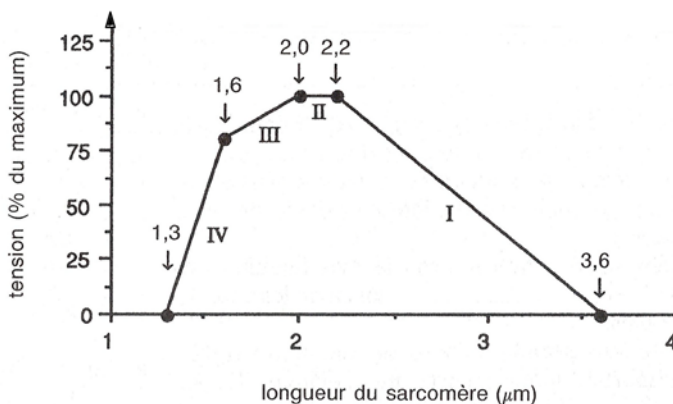
Le **document 8 de la page 9** est une microphotographie qui montre l'organisation des myofilaments fins et épais dans un myocyte de chat.

3.1.1. Comparer le document 8 et le document 2 de la page 9. Conclure sur l'état du myocyte dans le cas du document 2 et dans le cas du document 8. Justifier.

3.1.2. A l'aide de ce document 8 et de vos connaissances personnelles, schématiser un sarcomère dans l'état du document 2, en ajoutant la protéine CapZ, la titine et la tropomoduline.

#### 3.2. La tension développée par un sarcomère :

On travaille sur une fibre isolée de muscle de grenouille que l'on maintient en contraction isodiamétrique permanente. Sur le **document 9**, on suit la tension produite par le sarcomère en contraction isodiamétrique (en pourcentage de la tension maximale) en fonction de la longueur du sarcomère (en micromètres). Dans ce muscle de grenouille, la longueur du myofilament épais est de 1,6  $\mu\text{m}$  et la longueur du myofilament fin, depuis la strie Z à son extrémité, est de 1  $\mu\text{m}$ .



**Document 9 :** Tension développée par la contraction isodiamétrique d'un muscle en fonction de la longueur du sarcomère.

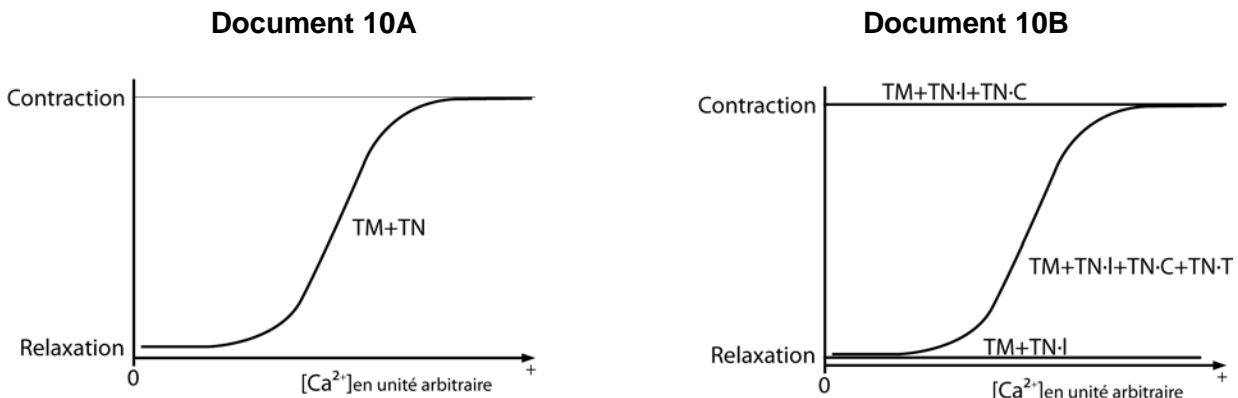
(D'après *Biologie moléculaire de la cellule*, Lodish, deuxième édition, Médecine-Sciences, Flammarion)

3.2.1. En vous appuyant sur les variations du sarcomère mises en évidence par la comparaison des documents 2 et 8, et à l'aide vos connaissances personnelles, expliquer la relation existant entre la tension et la longueur du sarcomère pour les zones I, II, III et IV du document 9.

Il est conseillé de vous aider d'un schéma pour chacune des zones.

### 3.3. L'intervention du calcium :

Le **document 10** s'intéresse à la régulation de la contraction musculaire par l'ion calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), la tropomyosine (notée TM) et la troponine (notée TN). Cette dernière comportant trois sous unités appelées TN I, TN C et TN T.



**Document 10**: Régulation de la contraction musculaire par l'ion calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), la tropomyosine (notée TM) et la troponine (notée TN) et par les 3 sous unités de la troponine TN I, TN C et TN T.

(D'après *Calcium ion regulation of muscle contraction: the regulatory role of troponin T*, Ohtsuki I, *Molecular and Cellular Biochemistry*, 190: 33-38, 1999)

3.3.1. Analyser le document 10A. En déduire le rôle du calcium, de la tropomyosine et de la troponine dans la régulation de la contraction musculaire.

Quelle est l'origine des ions calcium in vivo dans la cellule musculaire striée squelettique ?

3.3.2. Analyser le document 10B. En déduire le rôle du calcium et des trois sous unités de la troponine dans la régulation de la contraction musculaire.

3.3.3. A l'aide des conclusions du document 10 et de vos connaissances personnelles, schématiser les interactions myofilament fins, myofilament épais, ions calcium, tropomyosine, troponine I, C et T, déclenchant le passage relaxation-contraction.

## 4. LA DIVERSITÉ DES MYOCYTES (4 Points)

On réalise des coupes transversales de muscles squelettiques humains. Ces coupes sont ensuite colorées spécifiquement par trois techniques histologiques, puis observées au microscope optique. Ces observations, données par les **documents 11-A, 11-B et 11-C page 9**, mettent en évidence que les muscles squelettiques humains renferment des fibres de type I et de type II.

4.1.1. Pourquoi a-t-on choisi de révéler l'activité de la cytochrome c oxydase et de la succinate déshydrogénase dans les documents 11-A et 11-B ?

4.1.2. Que pouvez-vous déduire, à partir du document 11-C, sur ces deux types de fibres ? A partir des observations des documents 11-A, 11-B et 11-C et de vos connaissances personnelles, précisez le nom et les caractéristiques métaboliques et cytologiques de ces deux types de fibres rencontrées dans les muscles squelettiques humains.

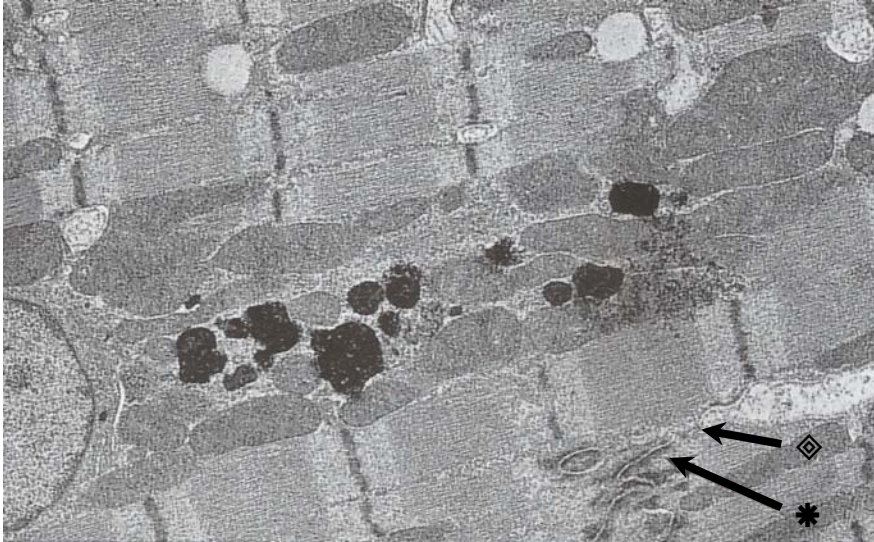


Numéro de table

Aucun numéro de candidat ne doit figurer sur cette feuille

**Document 1 : Observation au microscope électronique à transmission de trois types de cellules musculaires** (D'après *Ultrastructure cellulaire et tissulaire*, Cross JC, 1995, De Boeck)

**1A : Grossissement : x 18000**



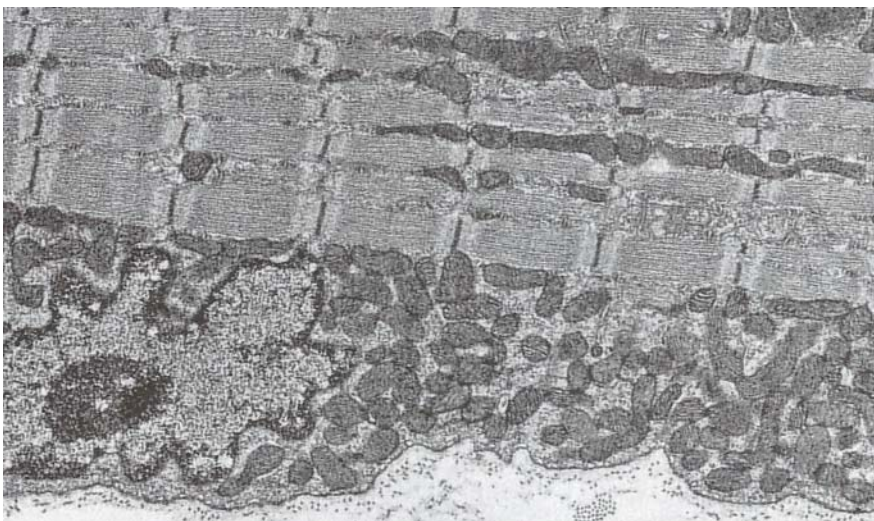
**1A : encart \* : x 37000**



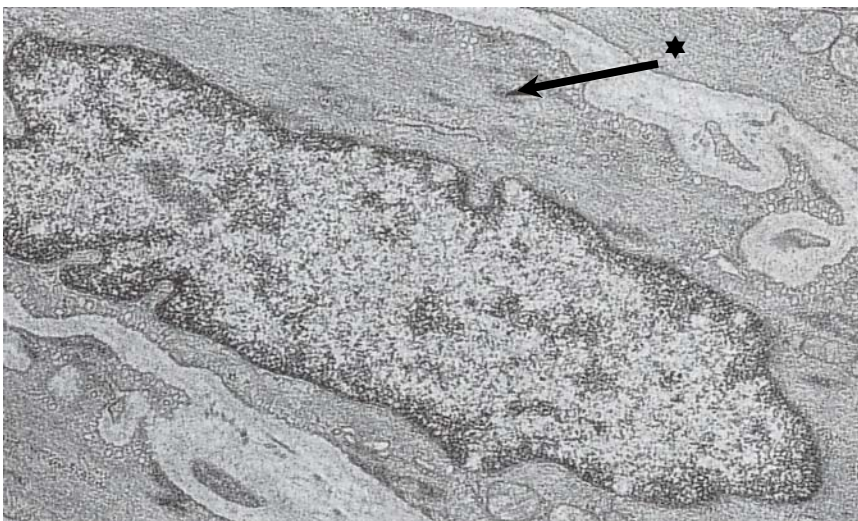
**1A : encart ◊ : x 130000**



**1B : Grossissement : x 9000**



**1C : Grossissement : x 17500**



**1C : encart ★ : x 35000**





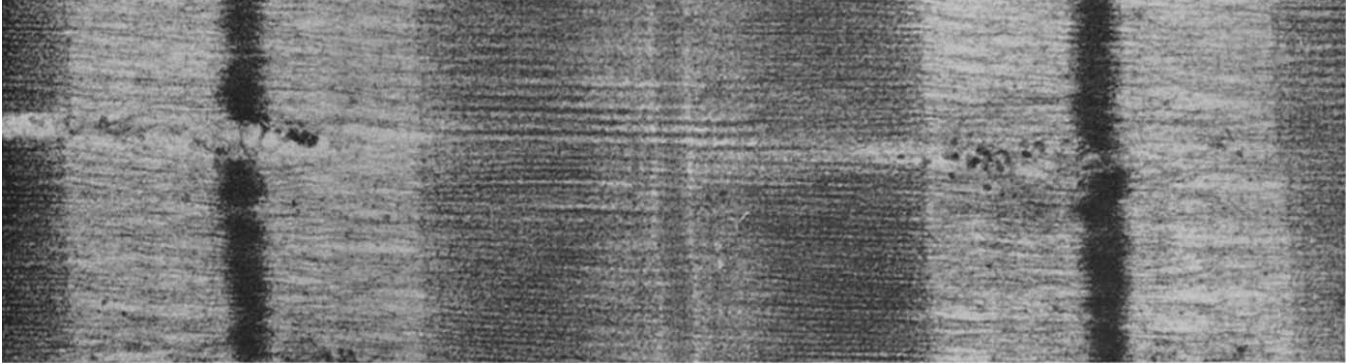


Numéro de table

Aucun numéro de candidat ne doit figurer sur cette feuille

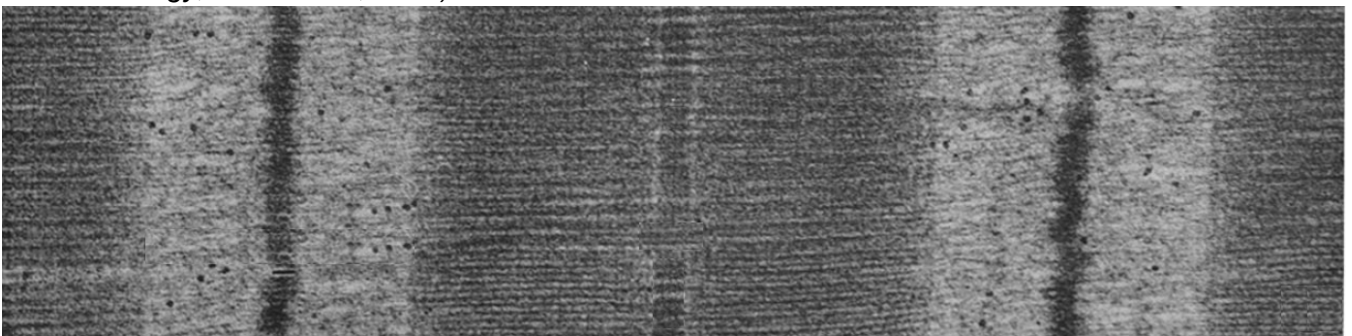
**Document 2 : Observation au microscope électronique à transmission de l'organisation des myofilaments fins et épais dans une cellule musculaire de chat. Grossissement : x50000**

(Modifié d'après *The ultrastructure of the cat myocardium*, Fawcett DW and McNutt S, *The Journal of Cell Biology*, vol.42:1-45, 1969)



**Document 8 : Observation au microscope électronique à transmission de l'organisation des myofilaments fins et épais dans une cellule musculaire de chat. Grossissement : x50000**

(Modifié d'après *The ultrastructure of the cat myocardium*, Fawcett DW and McNutt S, *The Journal of Cell Biology*, vol.42:1-45, 1969)



**Document 11 : Observations au microscope optique de coupes transversales de muscle squelettique colorées spécifiquement.**

**11-A : Coloration histoenzymologique révélant l'activité de la cytochrome c oxydase.**

**Grossissement : x180.** Plus la coloration est marquée plus l'activité de l'enzyme est importante.  
(D'après *Histologie PCEM PCEP Licence*, Macé B, 2008, Omniscience)

**11-B : Coloration histoenzymologique révélant l'activité de la succinate déshydrogénase.**

**Grossissement : x200.** Plus la coloration est marquée plus l'activité de l'enzyme est importante.  
(D'après *Atlas d'histologie fonctionnelle de Wheater, Young et al.*, 2<sup>de</sup> édition, 2008, De Boeck)

**11-C : Coloration au noir Soudan révélant la présence de lipides.**

**Grossissement : x300.** La couleur rose est due aux vaisseaux et capillaires sanguins.  
(D'après *Histologie PCEM PCEP Licence*, Macé B, 2008, Omniscience)

