

## Corrigé et barème – Produire le mouvement : la cellule musculaire et l'origine de l'ATP

Structure de la cellule musculaire striée (myofibrilles, sarcomère, actine-myosine), mécanisme de la contraction, rôle du calcium, respiration et fermentation, sources d'ATP (programme de Terminale spécialité SVT)

Durée : 180 min – Sans document – Sur 20 points · Terminale

---

### Exercice 1 – La fibre musculaire, une cellule qui se raccourcit (5 pts)

- a)  $2,8 \text{ cm} = 28\,000 \text{ }\mu\text{m}$  ;  $28\,000 / 2,24 = \mathbf{12\,500 \text{ sarcomères}}$  en série. (1)
- b) Par sarcomère :  $2,24 - 1,98 = 0,26 \text{ }\mu\text{m}$  ;  $12\,500 \times 0,26 = 3\,250 \text{ }\mu\text{m} = \mathbf{0,325 \text{ cm}}$ , soit  $0,325 / 2,8 \approx \mathbf{11,6 \text{ \%}}$  de la longueur de repos. (1)
- c) Repos :  $2,24 - 1,54 = \mathbf{0,70 \text{ }\mu\text{m}}$  ; contraction :  $1,98 - 1,54 = \mathbf{0,44 \text{ }\mu\text{m}}$ . La diminution ( $0,26 \text{ }\mu\text{m}$ ) est égale à celle du sarcomère. (1)
- d) La bande A est constante parce que les filaments de myosine gardent leur longueur, mais ce sont leurs têtes qui tirent l'actine : la myosine est le moteur de la contraction. « Ne pas raccourcir » ne signifie pas « ne pas participer ». (1)
- e) Le  $\text{Ca}^{2+}$  démasque les sites de l'actine ; les têtes de myosine s'y fixent, pivotent en tirant l'actine vers le centre, se détachent grâce à la fixation d'un ATP et se redressent par son hydrolyse. Les cycles répétés augmentent le chevauchement : le sarcomère raccourcit, les filaments gardent leur longueur. (1)

**Erreur fréquente** — Convertir avant de calculer ( $1 \text{ cm} = 10\,000 \text{ }\mu\text{m}$ ) et ne jamais confondre raccourcissement du sarcomère et raccourcissement des filaments.

### Exercice 2 – Le calcium, déclencheur de la contraction (5 pts)

- a) Le signal  $\text{Ca}^{2+}$  apparaît 2 ms après la stimulation, culmine à 8 ms et s'éteint vers 45 ms ; la tension apparaît 4 ms plus tard (6 ms), culmine à 52 ms et dure jusqu'à 150 ms. L'élévation du  $\text{Ca}^{2+}$  précède la tension et dure moins longtemps. (1)
- b) La tension n'apparaît qu'après l'augmentation du  $\text{Ca}^{2+}$  et culmine après lui : une cause doit précéder son effet, ce qui est compatible avec un rôle déclencheur. Limite : une corrélation temporelle ne prouve pas la causalité ; il faudrait montrer qu'en bloquant la libération du  $\text{Ca}^{2+}$ , la contraction disparaît. (1)
- c) Les ions  $\text{Ca}^{2+}$  proviennent du réticulum sarcoplasmique. Leur libération est provoquée par le potentiel d'action musculaire, né au niveau de la plaque motrice sous l'effet de l'acétylcholine libérée par le motoneurone. (1)
- d) Les ions  $\text{Ca}^{2+}$  se fixent sur des protéines associées à l'actine et démasquent les sites de fixation de la myosine : les têtes de myosine forment des ponts actomyosine et les cycles de glissement commencent. (1)
- e) Le relâchement exige le repompage actif du  $\text{Ca}^{2+}$  dans le réticulum, contre son gradient de concentration, ce qui consomme de l'ATP ; de plus, chaque tête ne se détache de l'actine qu'après fixation d'un ATP. Sans ATP, la fibre reste rigide au lieu de se relâcher. (1)

**Le point clé** — Le  $\text{Ca}^{2+}$  déclenche, l'ATP fournit l'énergie : les deux sont nécessaires, à la contraction comme au relâchement.

### Exercice 3 – Respiration ou fermentation ? Cellules musculaires en culture (5 pts)

- a) Normoxie : forte consommation de  $O_2$  et très peu de lactate → **respiration** dominante. Hypoxie :  $O_2$  presque pas consommé, production massive de lactate → **fermentation lactique** dominante. (1)
- b) Respiration :  $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$ . Fermentation lactique :  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_3H_6O_3$ . (1)
- c) Glucose respiré :  $42,0 / 6 = 7,0 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1}$  ; glucose fermenté :  $1,0 / 2 = 0,5 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1}$ . Total :  $7,0 + 0,5 = 7,5 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1}$ , égal à la consommation mesurée. (1)
- d) Normoxie :  $7,0 \times 36 + 0,5 \times 2 = 253 \text{ nmol d'ATP} \cdot \text{min}^{-1}$ . Hypoxie : glucose respiré  $2,4 / 6 = 0,4$  et fermenté  $57,0 / 2 = 28,5$  (total  $28,9 \checkmark$ ), d'où  $0,4 \times 36 + 28,5 \times 2 = 14,4 + 57 = 71,4 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1}$ . L'hypoxie consomme  $28,9 / 7,5 \approx 3,9$  fois plus de glucose mais régénère  $253 / 71,4 \approx 3,5$  fois moins d'ATP. (1)
- e) Sans  $O_2$ , la chaîne respiratoire ne réoxyde plus le  $NADH, H^+$  ; la réduction du pyruvate en lactate régénère le  $NAD^+$ , ce qui permet à la glycolyse de continuer. Chaque glucose ne rapportant que 2 ATP, les cellules accélèrent la glycolyse pour compenser en partie. (1)

**À retenir** — Les rapports des équations-bilans (6  $O_2$  par glucose respiré, 2 lactates par glucose fermenté) permettent de répartir le glucose entre les deux voies.

### Exercice 4 – Fibres lentes, fibres rapides et entraînement (5 pts)

- a) Type I : 2,8 fois plus de mitochondries ( $7,2 / 2,6$ ) et une citrate synthase environ 3,5 fois plus active ( $46 / 13$ ) → **respiration**. Type II : lactate déshydrogénase environ 3,4 fois plus active ( $370 / 110$ ) → **fermentation lactique**. (1)
- b) Les fibres I respirent : environ 36 ATP par glucose, oxydation possible des acides gras, peu de lactate, d'où plus d'une heure sans fatigue. Les fibres II fermentent : 2 ATP par glucose, glycogène vite épuisé et acidification, d'où une fatigue en 90 s environ. (1)
- c) Sprinteur : 76 % de fibres II, rapides et puissantes, adaptées à un effort bref et intense assuré par la phosphocréatine et la fermentation. Marathonien : 81 % de fibres I, endurantes, adaptées à un effort long assuré par la respiration. Ces proportions dépendent à la fois de facteurs génétiques et de l'entraînement. (1)
- d) Avec 35 % de mitochondries en plus, la capacité de respiration augmente : à la même vitesse, davantage de pyruvate est oxydé et le  $NADH, H^+$  est réoxydé par la chaîne respiratoire, donc moins de pyruvate est réduit en lactate. **La lactatémie diminue** et la fatigue est retardée. (1)
- e) La myoglobine stocke le dioxygène dans la fibre et le cède aux mitochondries : elle alimente la chaîne respiratoire, dont le  $O_2$  est l'accepteur final, et soutient donc la respiration (elle explique aussi la couleur rouge des fibres I). (1)

**Repère** — Enzymes marqueurs : citrate synthase pour le cycle de Krebs (respiration), lactate déshydrogénase pour la fermentation lactique.