

Série d'exercices de l'unité 1 : Consommation de la matière organique et flux de l'énergie - 2BPC/ 2BSVT
Prof Khadija Zekrite

Première partie : restitution des connaissances

I/ Définir les termes : sphère pédonculée, chaîne respiratoire, secousse musculaire

II/ Pour chacune des propositions numérotées de 1 à 4, il y a une seule suggestion correcte.

Adresser à chaque proposition la suggestion correcte en mettant une croix dans la case correspondante

<p>1– La fermentation lactique produit :</p> <p><input type="checkbox"/> L'acide pyruvique, le CO₂ et l'ATP.</p> <p><input type="checkbox"/> L'acide pyruvique et le CO₂.</p> <p><input type="checkbox"/> L'acide lactique, le CO₂ et l'ATP.</p> <p><input type="checkbox"/> L'acide lactique et l'ATP.</p>	<p>2– Le cycle de Krebs produit :</p> <p><input type="checkbox"/> NADH,H⁺ , FADH₂ , ATP et l'acide pyruvique .</p> <p><input type="checkbox"/> NADH,H⁺ , FADH₂ , CO₂ et l'acétyl coenzyme A.</p> <p><input type="checkbox"/> NADH,H⁺ , ATP , CO₂ et l'acide pyruvique.</p> <p><input type="checkbox"/> NADH,H⁺ , FADH₂ , ATP et CO₂.</p>
<p>3/ Le rendement énergétique exprime :</p> <p><input type="checkbox"/> La quantité globale d'énergie latente du glucose</p> <p><input type="checkbox"/> Le nombre d'ATP formée suite à l'oxydation du glucose.</p> <p><input type="checkbox"/> Le pourcentage d'énergie extraite sous forme d'ATP par rapport à l'énergie latente du glucose.</p> <p><input type="checkbox"/> Le pourcentage d'énergie extraite sous forme de chaleur à partir de l'oxydation du glucose.</p>	<p>4/ La glycolyse est une étape :</p> <p><input type="checkbox"/> Spécifique de la fermentation lactique</p> <p><input type="checkbox"/> Spécifique de la fermentation alcoolique</p> <p><input type="checkbox"/> Spécifique de la respiration.</p> <p><input type="checkbox"/> Commune entre la respiration et la fermentation.</p>
<p>5/ La contraction musculaire se déroule dans les étapes suivantes : ① Rotation des têtes de myosine fixées sur l'actine vers le centre du sarcomère ; ② Libération des ions Ca⁺⁺ ; ③ La myosine portant une molécule d'ADP et Pi s'attache sur l'actine ; ④ Glissement des filaments d'actine vers le centre du sarcomère ; ⑤ Arrivée de l'influx nerveux au sein de la myofibrille.</p> <p>La succession de ces étapes selon l'ordre chronologique la suivante :</p> <p><input type="checkbox"/> ⑤ → ② → ④ → ③ → ①</p> <p><input type="checkbox"/> ⑤ → ② → ① → ③ → ④</p> <p><input type="checkbox"/> ⑤ → ③ → ② → ① → ④</p> <p><input type="checkbox"/> ⑤ → ② → ③ → ① → ④</p>	<p>6/ La fatigue musculaire est caractérisée par:</p> <p><input type="checkbox"/> La diminution de l'amplitude et de la durée de la secousse musculaire.</p> <p><input type="checkbox"/> L'augmentation de l'amplitude de la secousse musculaire et la diminution de sa durée.</p> <p><input type="checkbox"/> L'augmentation de l'amplitude et de la durée de la secousse musculaire.</p> <p><input type="checkbox"/> La diminution de l'amplitude de la secousse musculaire et l'augmentation de sa durée.</p>

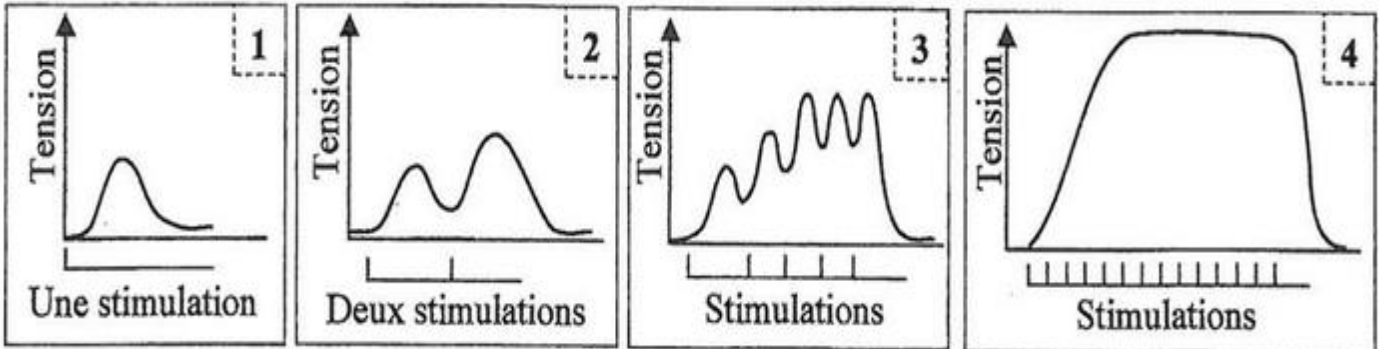
III/ Relier chaque voie métabolique à sa réaction globale correspondante. (2 pt)

Voie métabolique	Réaction globale	Réponse
① Respiration cellulaire	a/ C ₆ H ₁₂ O ₆ + 2ADP + 2Pi → 2CH ₃ CHOHCOOH + 2ATP	(1,)
② Glycolyse	b/ C ₆ H ₁₂ O ₆ + 2ADP + 2Pi → 2C ₂ H ₅ OH + 2ATP + 2CO ₂	(2,)
③ Fermentation lactique	c/ C ₆ H ₁₂ O ₆ + 2ADP + 2Pi → 2CH ₃ COCOOH + 2ATP	(3,)
④ Fermentation alcoolique	d/ C ₆ H ₁₂ O ₆ + 6O ₂ + 36ADP + 36Pi → 6CO ₂ + 6H ₂ O + 36ATP	(4,.....)

IV/ Relier chaque molécule caractéristique des fibres musculaires à son action, en adressant à chaque numéro du groupe 1 la lettre Correspondante du groupe 2 et compléter les couples suivants : (1, ----) ; (2, ----) ; (3, ----) ; (4, ----)

Groupe 1 : Molécule	Groupe 2 : Action de la molécule
1/ ATP	a/ masque des sites à intérêt sur l'actine
2/ Ca ²⁺	b/ se fixe sur la tête de la myosine
3/ Myosine	c/ se fixe sur la Troponine
4/ Tropomyosine	d/ se lie à l'Actine

IV/ Les myogrammes ci-dessous présentent des enregistrements obtenus suite à des stimulations efficaces d'un muscle squelettique. Donner le nom correspondant à chacun de ces myogrammes numérotés de 1 à 4. (1 pt)



2^{ème} partie : Raisonnement scientifique et communication écrite et graphique

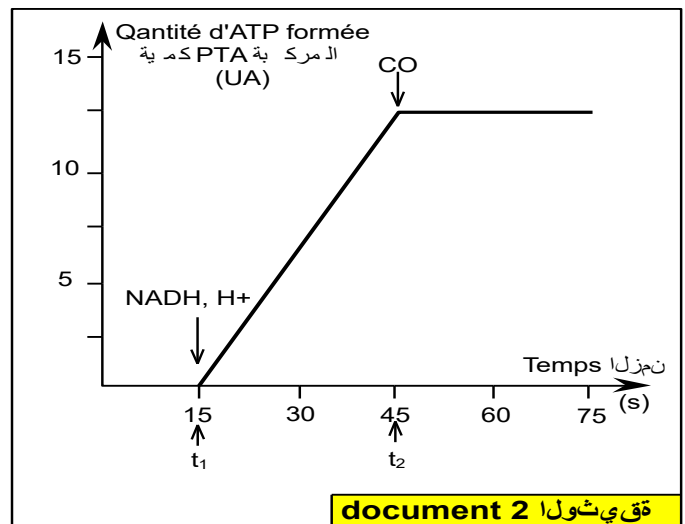
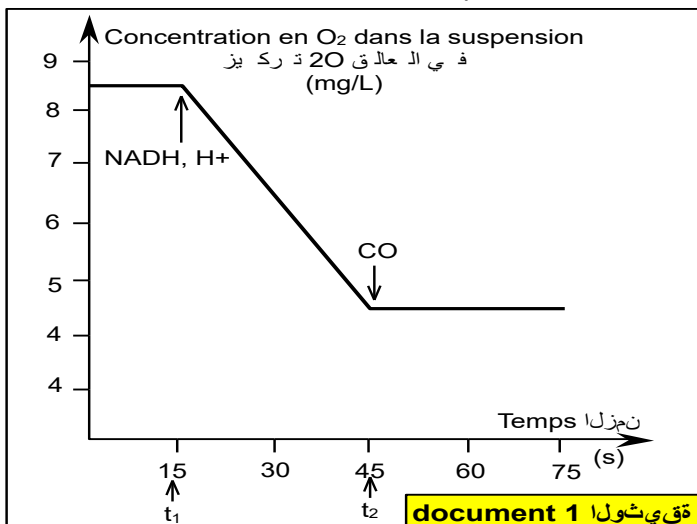
Exercice 1 :

La toxicité par le monoxyde de carbone (CO) provoquée par un défaut des chauffe-eau utilisant du gaz, provoque des vertiges (دوار), un coma (غيبوبة) et parfois la mort par asphyxie (الاختناق).

● Pour comprendre le mode d'action du monoxyde de carbone sur les réactions métaboliques responsables de la libération d'énergie au niveau de la mitochondrie, on propose les expériences suivantes :

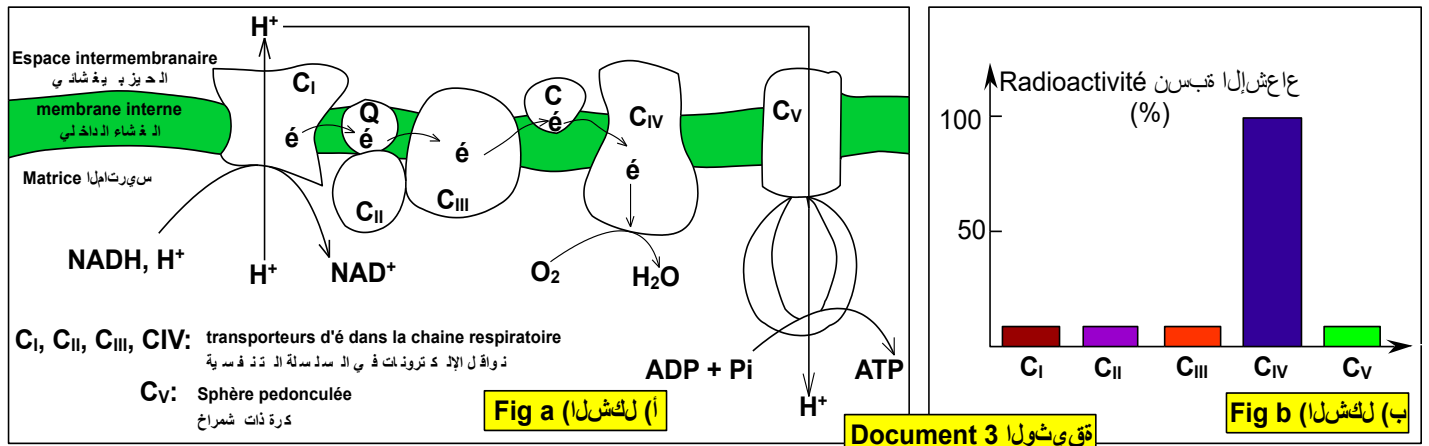
- **Expérience 1** : On prépare une solution riche en dioxygène et en mitochondries, on ajoute au temps t_1 , NADH, H⁺ et au temps t_2 du monoxyde de carbone, on suit l'évolution de la concentration en O₂ dans ce milieu. Le document 1 représente les résultats obtenus.

- **Expérience 2** : On prépare une solution riche en O₂, en mitochondries et en ADP + Pi, on ajoute au temps t_1 , NADH, H⁺ et au temps t_2 du monoxyde de carbone, on suit l'évolution de la quantité d'ATP dans ce milieu. Le document 2 représente les résultats obtenus.



1/ **Décrire** la variation de la concentration en O_2 et en ATP dans les deux expériences et **déduire** l'action du CO sur les réactions métaboliques respiratoires. (3 pts)

- **Expérience 3** : On ajoute une petite quantité de CO radioactif à une suspension de mitochondries, puis on suit la répartition de la radioactivité **توزيع الإشعاع** dans les composés de la chaîne respiratoire représentée sur la figure (a) du document 3, la figure (b) du même document traduit les résultats obtenus.

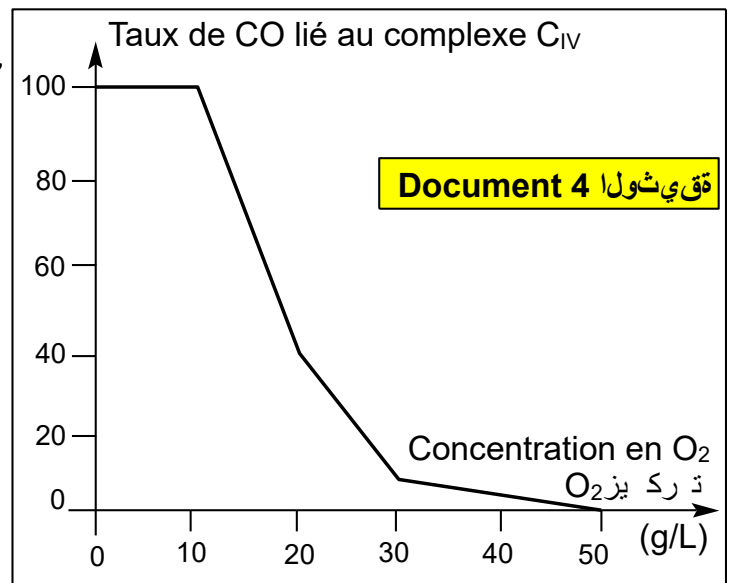


2/ En exploitant les données des documents 1, 2 et 3, **expliquer** la relation entre les composés de la chaîne respiratoire et la non formation de l'ATP pendant l'asphyxie par CO. (2 pts)

● Au cours des premiers secours (الإسعافات الأولية) pour les personnes asphyxiées par le monoxyde de carbone, on utilise l'oxygène en très grande quantité. Pour montrer l'intérêt de ce traitement, on isole le composé C_{IV} de la membrane interne de la mitochondrie et on l'introduit dans un milieu adéquat (ملائم) auquel on ajoute de l'oxygène avec des quantités de plus en plus grandes.

On mesure le taux de CO fixé sur le composé C_{IV}, le document 4 représente les résultats obtenus.

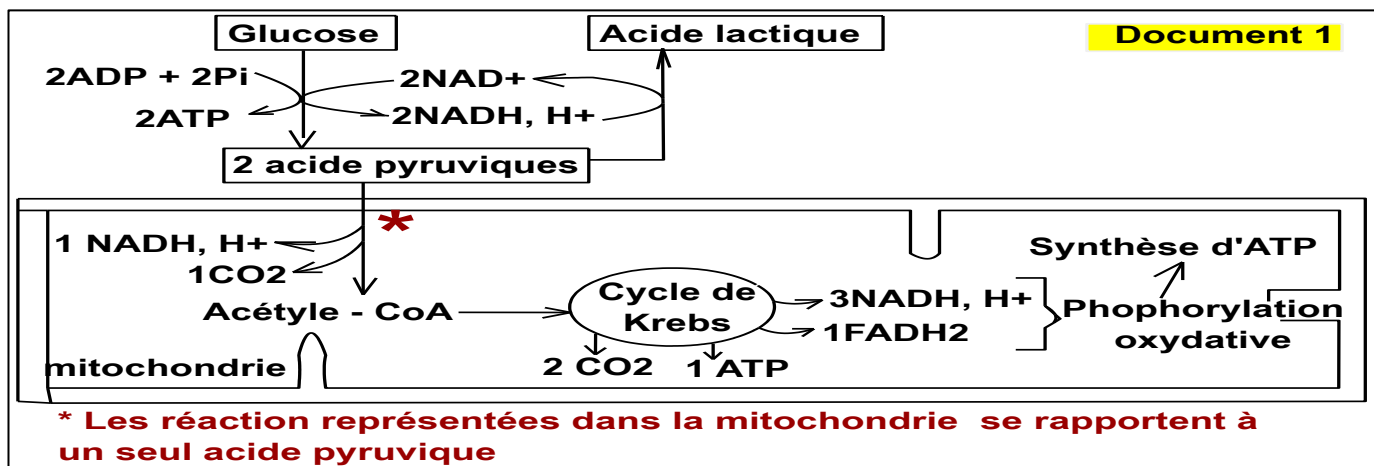
3/ En utilisant les données du document 4, **montrer** comment le traitement par une grande quantité d'O₂ limite l'effet toxique du CO.



Exercice 2 :

Les cellules produisent l'ATP, nécessaires pour effectuer un effort physique, à travers des voies métaboliques aérobiques et anaérobiques. Chez certaines personnes, la perturbation de l'une de ces voies est à l'origine de nombreux symptômes tels que l'accumulation de l'acide lactique, la fatigabilité... etc. Pour comprendre la réaction entre ces symptômes et la nature de la perturbation métabolique, on propose les données suivantes :

⚙️ **Données 1** : le document 1 représente les réactions métaboliques principales de production d'ATP au niveau cellulaire.



1/ En s'appuyant sur le document 1, **déterminer** le devenir de l'acide pyruvique (pyruvate) au niveau cellulaire, puis **calculer** le bilan énergétique (le nombre de molécules d'ATP) de la dégradation d'une molécule d'acide pyruvique à l'intérieur de la mitochondrie. (2 pts).

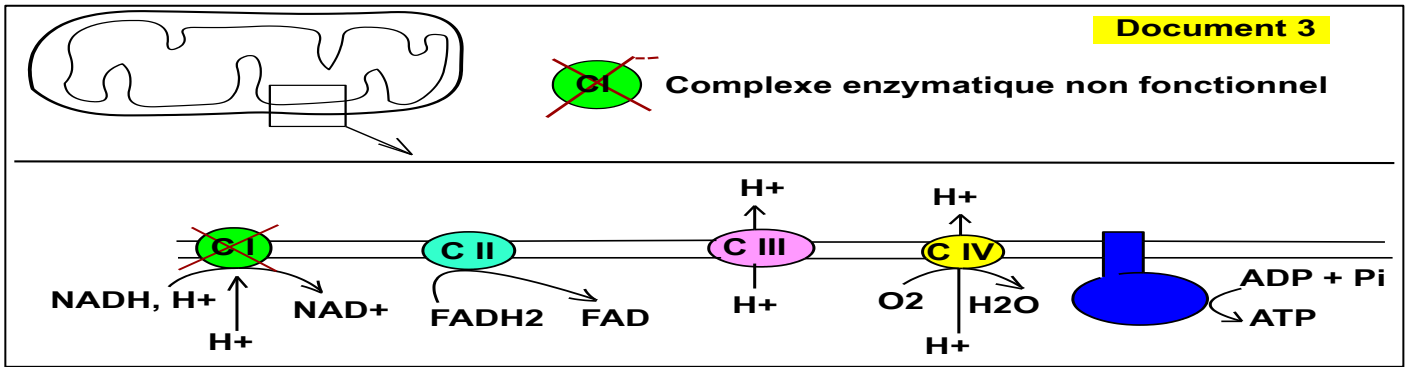
Remarque : à l'intérieur de la mitochondrie : l'oxydation de 1 NADH, H+ donne 3 ATP et l'oxydation de 1 FADH2 donne 2 ATP.

• **Données 2** : Dans le cadre du traitement de certaines maladies virales par le médicament INTI (inhibiteur de la transcriptase inverse), des examens biochimiques ont montré que ce traitement peut causer une perturbation de la production d'énergie au niveau des mitochondries, ce qui est à l'origine de plusieurs symptômes أعراض tels que la fatigabilité et le changement de la concentration sanguine en acide lactique. Le document 2 représente les résultats de la mesure de la concentration en acide lactique produit par les cellules, la valeur du pH sanguin et des schémas des mitochondries chez une personne traitée par l'INTI et chez une autre personne non traitée par cette substance.

Sujet	Taux sanguin d'acide lactique au repos	pH du sang	Schéma représentant la mitochondrie
Personne non traitée par l'INTI	1mmol/l	Normal	
Personne traitée par l'INTI	Supérieur à 5 mmol/l	Acide	
Document 2	●●● Quelques protéines de la chaîne respiratoire de la membrane interne mitochondriale		

2/ En vous basant sur le document 2, **comparer** les résultats obtenus chez la personne traitée par l'INTI et chez la personne non traitée par cette substance. **Déduire** la voie métabolique influencée par cette substance. (1 pt)

• **Données 3** : Le syndrome (la maladie) de MELAS est une myopathie mitochondriale هزال عضلي, parmi ses symptômes une accumulation de l'acide lactique et une fatigabilité intense عياء كبير suite à un exercice musculaire. Le schéma du document 3 représente la nature du dysfonctionnement observé au niveau mitochondriale dans le cas du syndrome de MELAS.



3/ En se basant sur le document 3, **expliquer** le mécanisme de la synthèse d'ATP au niveau de la membrane interne de la mitochondrie puis **montrer** l'effet du dysfonctionnement de ce mécanisme chez une personne atteinte par le syndrome de MELAS (2 pt).

4/ En exploitant les données précédentes, **montrer** que la voie métabolique dominante dans les deux cas (Traitement par l'INTI et syndrome de MELAS) est la fermentation lactique puis **expliquer** les symptômes observés dans ces deux cas. (1 pt)

Exercice 3

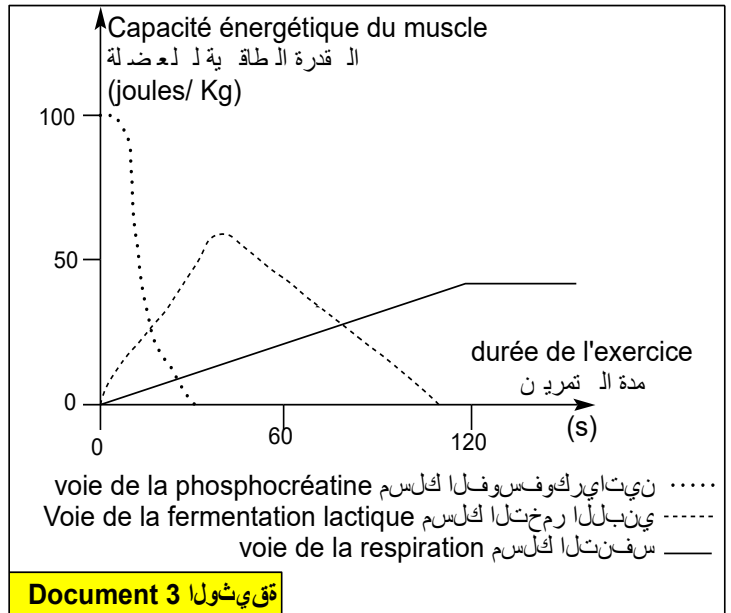
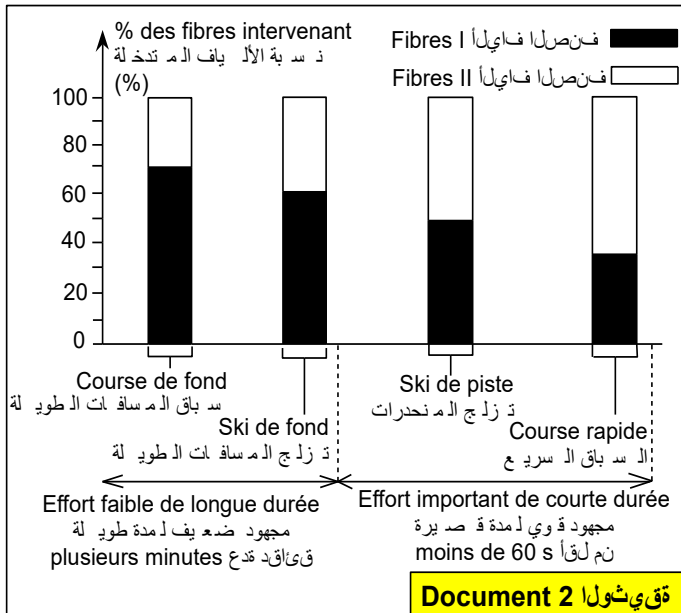
Pour mettre en évidence le rôle du muscle squelettique dans la conversion de l'énergie et les mécanismes de renouvellement d'ATP chez certains athlètes, on propose les données suivantes :

● Le muscle squelettique est constitué de deux types de fibres musculaires: les fibres de type I et les fibres de type II. Le tableau du document 1 représente certaines caractéristiques de ces deux types de fibres musculaires.

Caractéristiques	Fibres I	Fibres II
Molécules de myoglobines fixatrices d'O ₂	+++	+
Nombre de mitochondries	+++	+
Fatigue	+	+++
Document 1	Le nombre de signes + indique l'importance de la propriété	

1/ En utilisant les données du document 1, **déduire** la nature de la voie métabolique dominante dans chaque type de fibre musculaire I et II (2pts).

● Pour établir la relation entre la nature de l'effort musculaire et le pourcentage de chaque type de fibres musculaires impliquées dans cet effort, on propose le document 2 qui résume les résultats de mesure de la proportion des fibres musculaires de type I et II intervenant selon le type d'effort musculaire chez des athlètes pratiquant quatre disciplines sportives différentes. Le document 3 indique l'évolution de la capacité énergétique du muscle selon les voies métaboliques intervenant en fonction de la durée de l'exercice.

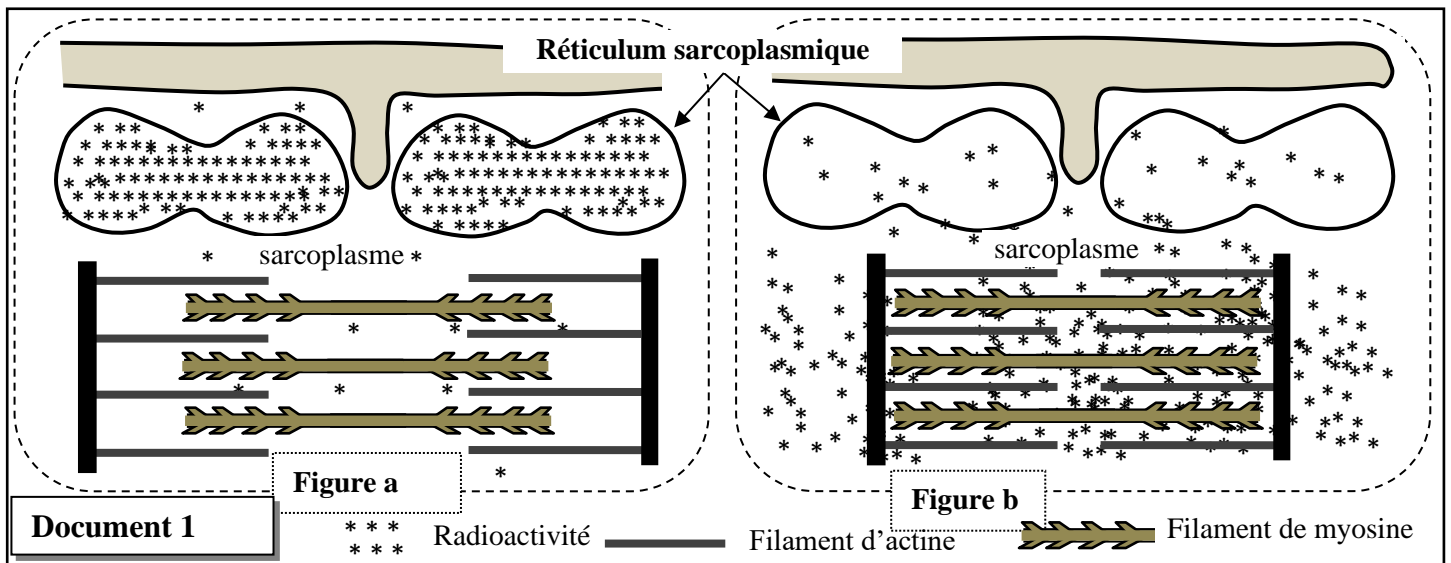


2 / En exploitant les données du document 2, **déterminer** la catégorie de fibres musculaires dominante chez les athlètes en fonction de la nature de l'effort musculaire

3 / En utilisant les données du document 3, **identifier** la voie ou les deux voies métabolique (s) dominantes lors d'un exercice sportif de moins de 60 secondes et d'un entraînement de plus de 120 secondes.

Exercice 4 : On cherche à étudier quelques aspects du mécanisme de la contraction musculaire et à montrer le rôle des ions Ca^{2+} dans ce mécanisme. Dans ce cadre on propose les données suivantes :

• **Donnée 1 :** Des fibres musculaires striées sont isolées et cultivées dans un milieu physiologique contenant des ions calcium radioactifs ($^{45}Ca^{2+}$) puis elles sont réparties en deux lots 1 et 2. Les fibres du lot 1 sont fixées en état de relâchement alors que les fibres du lot 2 sont fixées en état de contraction. Par autoradiographie, on détecte la localisation de la radioactivité au niveau des fibres de chaque lot. Les figures du document 1 présentent des schémas explicatifs des résultats de cette détection (la figure a pour les fibres du lot 1, la figure b pour les fibres du lot 2).

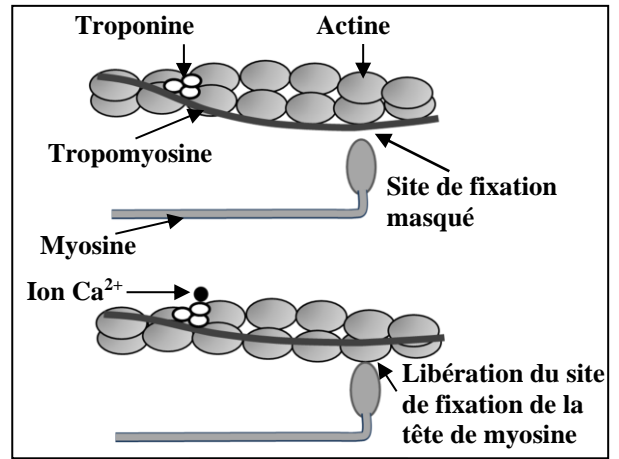


1/ Comparer la répartition de la radioactivité dans les fibres des lots 1 et 2, puis **dégager** le sens de déplacement des ions calcium lorsque la fibre musculaire passe de l'état de relâchement à l'état de contraction.

• **Donnée 2:** L'étude biochimique et l'observation électrographique des myofilaments d'actine et de myosine, dans des fibres musculaires en présence et en absence d'ions Ca^{2+} , ont permis de construire le modèle explicatif présenté dans le document 2.

2/ En vous basant sur les résultats présentés dans le document 2, **montrer** comment interviennent les ions Ca^{2+} dans la contraction de la fibre musculaire.

• **Donnée 3:** Pour extraire l'énergie nécessaire à sa contraction, la fibre musculaire hydrolyse de grandes quantités d'ATP. Afin de déterminer certaines conditions nécessaires à l'hydrolyse de ces molécules, on présente les données expérimentales du document 3.



Document 2

Milieux	Composition des milieux	
	Début de l'expérience	Fin de l'expérience
Milieu 1	Filaments de myosine + filaments d'actine + ATP + Ca^{2+}	Complexes actomyosine + Ca^{2+} + une grande quantité d'ADP et de Pi
Milieu 2	Filaments d'actine + ATP + Ca^{2+}	Filaments d'actine + ATP + Ca^{2+}
Milieu 3	Filaments de myosine + ATP + Ca^{2+}	Filaments de myosine + ATP + Ca^{2+} + une faible quantité d'ADP et de Pi

Document 3

3. En exploitant les données du document 3, **expliquer** la différence d'hydrolyse de l'ATP observée dans les différents milieux.

4. En vous basant sur les données précédentes et sur vos connaissances, **résumez** l'enchaînement des événements conduisant à la contraction du muscle suite à une excitation.

Éléments de réponses de la deuxième partie

Exercice 1

1/ Doc 1 : l'introduction de NADH, H⁺ dans le milieu au moment t₁, entraîne une diminution d'O₂ (de 8.5 à 4.5mg/L au bout de 30s). Au temps t₂, l'ajout de CO provoque une stabilisation dans la concentration d'O₂ pour la suite de l'expérience dans une valeur de 4.5mg/L.

Doc 2 : l'introduction de NADH, H⁺ dans le milieu au moment t₁, s'accompagne d'une augmentation de production d'ATP (de 0 à 12.5 UA au bout de 30s). Au temps t₂ l'ajout de CO provoque une stabilisation dans la quantité d'ATP produite pour la suite de l'expérience dans une valeur de 12.5 UA.

Déduction : le CO stoppe les réactions faisant intervenir l'utilisation d'O₂ pour la production d'ATP, il bloque donc, les réactions de la chaîne respiratoire.

2/ Explication de la relation entre les composés de la chaîne respiratoire et la non formation de l'ATP pendant l'asphyxie par CO.

Le doc (3 a) montre la chaîne des transporteurs d'é enchâssés dans la membrane interne mitochondriale (C_I, C_{II}, C_{III}, C_{IV}), le complexe C_{IV} perd ses e pour l'O₂ qui se réduit et se convertit en molécule d'eau. Mais en présence de CO, ce dernier se fixe sur le complexe C_{IV} (doc 3 b), ce qui inhibe son rôle de transporteur d'é → blocage de la chaîne respiratoire depuis l'oxydation de NADH, H⁺ jusqu'à la réduction d'O₂, c'est ce qui explique la constance d'O₂ après ajout de CO. D'autre part l'arrêt de la chaîne respiratoire → arrêt d'expulsion des H⁺ de la matrice vers l'espace intermembranaire → absence de gradient de concentrations des ions H⁺ de part et d'autre la membrane interne mitochondriale → pas de flux des protons H⁺ au niveau des sphères pédonculées → arrêt de la formation d'ATP. Ainsi le CO bloque la consommation d'O₂ et la production d'ATP

3/ **Doc 3 :** lorsque la concentration d'O₂ est faible (moins de 10g/L), le taux de CO fixé sur le complexe C_{IV} est maximal (100%). Plus la concentration d'O₂ utilisée augmente, plus le taux de CO lié au complexe C_{IV} diminue, ce taux s'annule lorsque la concentration d'O₂ atteint 50g/L.

Donc la soumission de l'asphyxié à de forte concentration d'O₂ mène une séparation progressive de CO du complexe C_{IV}, ce qui limite l'effet toxique du CO.

Exercice 2

1/ **Devenir de l'acide pyruvique dans la cellule : (1 pt)**

- Réduction (transformation) de l'acide pyruvique, dans l'hyaloplasme, en acide lactique.
- Oxydation de l'acide pyruvique, dans la mitochondrie en acétyl- COA qui est complètement détruit au cours du cycle de KREBS, avec réduction du NAD⁺ en NADH, H⁺ et du FAD en FADH₂ et phosphorylation de l'ADP en ATP.

Bilan énergétique de la dégradation d'une mole d'acide pyruvique : (1 pt)

(4NADH, H⁺ x 3) + (1FADH₂ x 2) + (1ATP) = 15 ATP

2/ **Comparaison correcte telle que : (0.75 pts)**

- La concentration en acide lactique dans le sang de la personne traitée est plus grande que celle de la personne saine
- Le pH sanguin de la personne traitée est acide en comparaison avec la personne non traitée.

- Les mitochondries des personnes non traitées possèdent peu de crêtes et de protéines de la chaîne respiratoire en comparaison avec la personne traitée.

Conclusion : La voie métabolique influencée par la substance INTI est la respiration cellulaire. (0.25 pts)

3/ * Explication du mécanisme de la synthèse d'ATP au niveau de la membrane interne de la mitochondrie dans la cas d'une personne saine :

Oxydation du NADH, H⁺ et FADH₂ → Flux d'électrons dans la chaîne respiratoire et réduction d'O₂ en H₂O → pompage des protons H⁺ vers l'espace inter-membranaire → gradient de concentration des protons H⁺ → Retour des protons H⁺ vers la matrice à travers les sphères pédonculées → Phosphorylation d'ADP et synthèse d'ATP. (1 pt)

* Effet du dysfonctionnement de ce mécanisme chez une personne atteint par le syndrome de MELAS :

Complexe (CI) non fonctionnel → absence d'oxydation du NADH, H⁺ avec continuation de l'oxydation du FADH₂ → Flux faible d'électrons dans la chaîne respiratoire → faible pompage des protons H⁺ vers l'espace inter-membranaire → gradient de concentration des protons H⁺ faible → Retour faible des protons H⁺ vers la matrice à travers les sphères pédonculées → Faible production d'ATP (1 pt)

4/ * Montrer que la voie métabolique dominante dans les deux cas (Traitement par l'INTI et syndrome de MELAS) est la fermentation lactique :

Dans les deux cas (syndrome de MELAS et traitement par INTI) → Dysfonctionnement des mitochondries → Problème de dégradation de l'acide pyruvique par la voie respiratoire → transformation de l'acide pyruvique en acide lactique dans le cytoplasme → dominance la voie métabolique de la fermentation lactique. (0.5 pt)

* Explication des symptômes observés dans ces deux cas :

Fermentation lactique dominante accumulation de l'acide lactique → acidité du sang et faible production d'ATP → sensation de fatigue. (0.5 pts)

Exercice 3

1/ Exploitation du doc 1 et déduction.

- Les fibres de types I, se caractérisent par un grand nombre de mitochondries et une forte proportion de myoglobine qui fixe l'O₂, donc la voie métabolique dominante est la voie aérobie (respiration cellulaire).
- Les fibres de types II, se caractérisent par un nombre réduit de mitochondries et une faible proportion de myoglobine qui fixe l'O₂, donc la voie métabolique dominante est la voie anaérobie (fermentation lactique).

2/ Détermination des catégories de fibres musculaires dominantes chez les athlètes en fonction de la nature de l'effort musculaire :

- Chez les athlètes qui pratiquent des sports de faible effort pour une longue durée, interviennent, avec une grande proportion, les fibres de type I (70% chez les coureurs de fond et 60% chez les skieurs de fond).
- Chez les athlètes qui pratiquent des sports d'effort puissant pour une courte durée, interviennent, avec une grande proportion, les fibres de type II (65% chez les athlètes des courses rapides et 55% chez les skieurs de piste).

3/ Identification des voies métaboliques dominantes lors d'un exercice sportif

- de moins de 60 secondes.

- La voie anaérobie de créatine phosphate au début de l'exercice.
- La voie anaérobie de la fermentation lactique lors de la diminution d'intervention de la voie précédente

- de plus de 120 secondes :

Seule la voie aérobie (la respiration cellulaire).

4/ Justification que les voies métaboliques impliquées dans le renouvellement de l'ATP chez les athlètes sont associées à la durée et à l'intensité de l'effort musculaire.

- Chez les athlètes exerçant un sport de faible intensité mais de longue durée intervient surtout les fibres de type I qui se basent sur la voie métabolique aérobie pour le renouvellement de l'ATP.

- Chez les athlètes exerçant un sport de forte intensité pour une courte durée intervient surtout les fibres de type II qui se basent sur les voies métaboliques anaérobie pour le renouvellement de l'ATP.

Exercice 4

1/ Comparaison

- Pour le premier lot : forte radioactivité (Ca^{2+}) au niveau du réticulum sarcoplasmique en comparaison avec le sarcoplasme

- Pour le deuxième lot : faible radioactivité (Ca^{2+}) au niveau du sarcoplasme en comparaison avec le réticulum sarcoplasmique

Déduction: lors du passage de l'état de relâchement à l'état de contraction, les ions Ca^{2+} passent du réticulum sarcoplasmique vers le sarcoplasme

2/ Mécanisme de l'intervention des ions Ca^{2+} dans la contraction de la fibre musculaire:

- fixation des ions Ca^{2+} sur la troponine → libération des sites de fixation des têtes de myosines sur l'actine suite au déplacement de la tropomyosine → formation du complexe actomyosine

3/ Explication :

-L'hydrolyse de grandes quantités d'ATP dans le milieu 1 s'explique par la formation du complexe actomyosine.

-L'hydrolyse de faibles quantités d'ATP dans le milieu 3 s'explique par l'absence du complexe actomyosine car ce milieu ne contient que la myosine

4/ La succession des événements depuis l'excitation à la contraction musculaire :

- suite à l'excitation du muscle, les ions Ca^{2+} sont libérés à partir du réticulum sarcoplasmique;

- libération des sites de fixation des têtes de myosines;

- formation des complexes actomyosines;

- Rotation des têtes de myosines aboutissant au glissement des filaments d'actine entre les filaments de myosine ce qui entraîne la contraction musculaire.