BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2022

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE

Physique-chimie et Mathématiques

Durée de l'épreuve : **3 heures**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire « type collège » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.

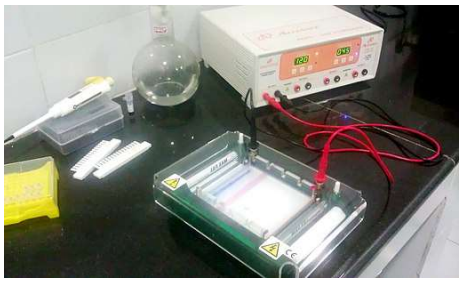
PHYSIQUE-CHIMIE ..... 14/20 points
MATHÉMATIQUES ..... 6/20 points

Le candidat sera attentif aux consignes contenues dans le sujet pour traiter les 4 exercices.

EXERCICE 1 commun à tous les candidats (4 points)

(physique-chimie et mathématiques)

Découverte en 1892 par S.E. Linder et H. Picton puis développée dans les années 1930 par le chimiste suédois Arne Tiselius (Prix Nobel de chimie en 1948), l'électrophorèse est, avec la chromatographie, la principale technique utilisée pour séparer ou caractériser les espèces ioniques d'intérêt biologique, comme les acides aminés.



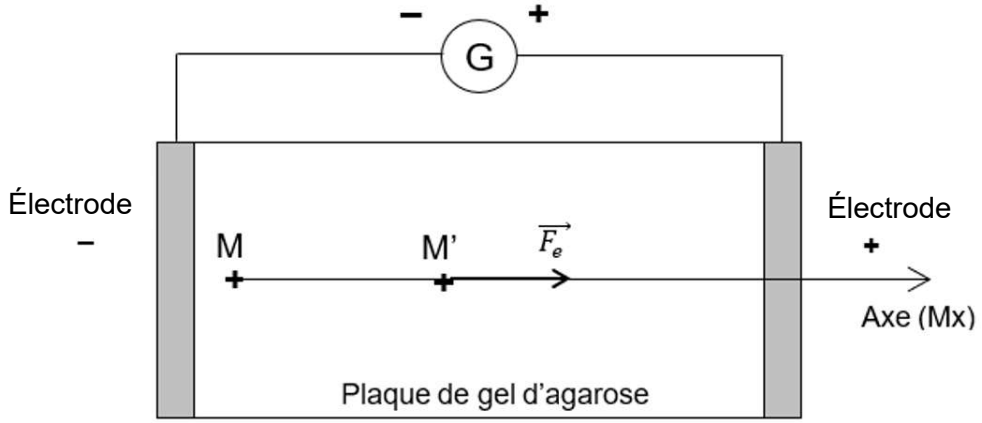
Réalisation d'une électrophorèse au laboratoire

Source : https://commons.wikimedia.org

L'objectif de cet exercice est de déterminer la durée de migration nécessaire pour séparer deux acides aminés, l'acide aspartique et l'acide glutamique, par électrophorèse.

PARTIE A – Principe de l'électrophorèse

Une goutte d'un mélange des deux acides aminés à séparer est déposée (point M de la figure ci-dessous) sur une plaque horizontale recouverte de gel d'agarose et soumise à un champ électrostatique, dont la norme est notée E.



Les acides aminés, sous forme anionique au pH imposé (ion aspartate et ion glutamate), migrent vers l'électrode positive sous l'effet de la force électrostatique, notée $\overrightarrow{F_e}$ et représentée ci-dessus au point M'.

L'action du gel sur les molécules est modélisée par une force de frottement $\overrightarrow{f}$.

Données :

- masse d'un ion aspartate : $m_{aspart} = 2{,}12\times10^{-25}$ kg ;
- masse d'un ion glutamate : $m_{glutam} = 2{,}43\times10^{-25}$ kg ;
- norme de la force électrostatique subie par les ions aspartate et glutamate : $F_e = e\times E$ avec
  - $E = 520$ V·m^{-1} : intensité du champ électrostatique ;
  - $e = 1{,}6\times10^{-19}$ C : valeur absolue de la charge portée par chaque anion d'acide aspartique ou d'acide glutamique.
- expression vectorielle de la force $\vec{f}$ exercée par le gel : $\vec{f} = -k.\vec{v}$, avec
  - k le coefficient caractéristique du constituant et du milieu dans lequel s'effectue la migration :
    pour l'ion aspartate $k_{aspart} = 2{,}7\times10^{-12}$ N·s·m^{-1} ;
    pour l'ion glutamate $k_{glutam} = 3{,}0\times10^{-12}$ N·s·m^{-1} ;
  - $\vec{v}$ le vecteur vitesse de l'ion concerné.

A.1. En justifiant la réponse dans la copie, représenter sur le **DOCUMENT RÉPONSE DR1**, sans souci d'échelle, le vecteur force $\vec{f}$ modélisant l'action du gel sur les anions au point M'.

A.2. Écrire la seconde loi de Newton pour un anion de masse m et l'appliquer dans le cas de l'électrophorèse considérée.

A.3. Projeter la relation vectorielle sur l'axe (Mx) et montrer que la valeur de la vitesse v de migration de l'anion considéré est solution de l'équation différentielle :

$$\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m}\times v = \frac{e\times E}{m}$$

PARTIE B – Étude du mouvement de l'ion d'acide aspartique

Par application numérique, l'équation différentielle ci-dessus peut s'écrire sous la forme :

$$v' = -1{,}3\times10^{13}v + 3{,}9\times10^{8},$$

où la vitesse v est exprimée en mètre par seconde (m·s^{-1}) et le temps t est exprimé en seconde (s).

B.1. Déterminer la solution générale v de cette équation différentielle définie sur $[0 ; +\infty[$.

B.2. Sachant que $v(0) = 0$, montrer que, pour tout $t \in [0 ; +\infty[$,

$$v(t) = 3\times10^{-5}(1 - e^{-1{,}3\times10^{13}t})$$

B.3. Justifier que $\lim\limits_{t\to+\infty} v(t) = 3\times10^{-5}$.

B.4. On note t_{90} l'instant exprimé en seconde pour lequel la vitesse atteint 90 % de sa vitesse limite. Montrer que $t_{90} = 1{,}8\times10^{-13}$ arrondi à 10^{-14}.

PARTIE C – Détermination de la durée de migration

Les résultats précédents montrent que le régime stationnaire est atteint quasi instantanément, si bien que l'on peut considérer que les constituants du mélange se déplacent suivant un mouvement rectiligne uniforme avec une vitesse constante égale à :

$$v_{lim} = \frac{e \times E}{k}$$

C.1. Comparer la vitesse limite de migration des ions glutamate et des ions aspartate.

En fin d'électrophorèse, les taches sont révélées sous lumière ultraviolette. On admet qu'une différence de distance de migration d'au moins 5 mm est nécessaire pour distinguer la tache associée au mouvement des ions glutamate et celle associée au mouvement des ions aspartate.

C.2. Déterminer la durée minimale de l'électrophorèse et les distances alors parcourues par les ions pour pouvoir distinguer les deux taches correctement. Commenter les valeurs obtenues.

C.3. Sur un schéma succinct de la plaque, positionner et identifier les taches obtenues après électrophorèse.

EXERCICE 2 commun à tous les candidats (6 points)

(physique-chimie)

Donnée : caractéristique d'un générateur de force électromotrice E et de résistance interne r : $U_{PN} = E - r\,I$

Partie A : étude énergétique

Une lampe de poche est alimentée par une pile plate modélisée par un générateur, de force électromotrice $E = 4{,}7$ V et de résistance interne $r = 1{,}3\ \Omega$. L'intensité du courant délivré par la pile est $I = 0{,}31$ A.

1. Calculer l'énergie électrique, notée $E_{élec}$, reçue par la lampe si elle est allumée pendant deux minutes.

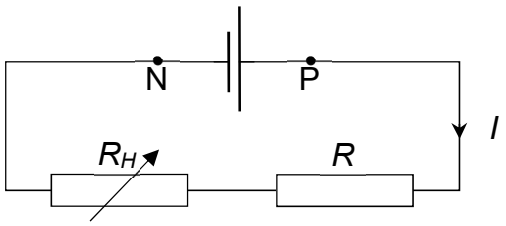
2. Calculer la valeur de l'énergie, notée E_{diss}, dissipée par effet Joule à l'intérieur de la pile, pendant deux minutes.

3. Identifier une conséquence physique liée à l'existence d'une dissipation d'énergie par effet Joule à l'intérieur de la pile.

Partie B : détermination expérimentale de la valeur de la résistance interne

On se propose de déterminer expérimentalement la valeur de la résistance interne d'une pile.

On réalise pour cela le montage schématisé ci-contre.



1. Reproduire le schéma précédent sur la copie et le compléter en représentant les appareils de mesure de la tension U_{PN} aux bornes de la pile et de l'intensité I du courant électrique circulant dans le circuit. Préciser le sens de branchement des appareils en indiquant leurs bornes V, COM et mA.

Les résultats des mesures effectuées sont compilés dans le tableau ci-dessous.

I (en mA)	0	20	40	60	80	100	120	140
U_{PN} (en V)	4,3	4,1	3,9	3,8	3,6	3,5	3,3	3,2

2. Placer les points expérimentaux sur le **document réponse DR2 à rendre avec la copie**, avec U_{PN} en ordonnée et I en abscisse.

3. Déterminer la valeur de la résistance interne r de la pile.

4. Selon le fabricant, la valeur de la résistance interne de la pile est de 7,4 Ω. Proposer une cause possible pour expliquer cette différence.

EXERCICE 3 commun à tous les candidats (4 points)

(mathématiques)

<u>Vous traiterez 4 questions au choix parmi les 6 questions proposées.</u>

Dans cet exercice, on s'intéresse à l'énergie stockée dans la batterie d'un téléphone portable. Cette grandeur s'exprime en kW·h. Lorsque la batterie est totalement chargée, l'énergie stockée vaut 0,715 kW·h.

Lors du branchement de la batterie vide sur une borne de recharge, l'énergie stockée dans la batterie (en kW·h) en fonction du temps t (en heure) est modélisée par une fonction f définie sur $[0;+\infty[$ par :

$f(t) = a\mathrm{e}^{-t} + b$ où a et b sont deux réels à déterminer.

Question 1 :

1.a. Sachant que $\lim\limits_{t\to+\infty} f(t) = 0{,}715$, déterminer la valeur de b.

1.b. Sachant que $f(0) = 0$, déterminer la valeur de a.

Dans les questions suivantes, on admet que pour tout nombre réel $t \geq 0$:

$$\boldsymbol{f(t) = -0{,}715\,\mathrm{e}^{-t} + 0{,}715}$$

Question 2 :

Montrer que pour tout nombre réel $t \geq 0$, $f(t) < 0{,}715$.

Question 3 :

3.a. Déterminer la fonction dérivée f' de la fonction f.

3.b. En déduire le sens de variation de la fonction f sur $[0;+\infty[$.

Question 4 :

La durée de demi-charge est le temps nécessaire pour charger à 50% une batterie qui était vide au départ. Déterminer la durée de demi-charge de la batterie de ce téléphone en minute et seconde, arrondie à la seconde.

Question 5 :

On considère la fonction en langage Python suivante :

```
from math import exp
def temps(pourcentage):
    t=0
    y=0
    while y < pourcentage*0.715:
        t = t+1/60
        y = - 0.715*exp(-t)+0.715
    return(t)
```

Que renvoie l'exécution de l'instruction temps(0.15) ? Interpréter ce résultat dans le contexte de l'exercice.

Question 6 :

On considère la fonction F définie sur $[0;+\infty[$ par $F(t) = 0{,}715\,t + 0{,}715e^{-t}$.

4.a. Vérifier que F est une primitive de f sur $[0;+\infty[$.

4.b. On admet que l'énergie stockée moyenne de la batterie sur $[0;3{,}5]$ est égale à :

$$m = \frac{1}{3{,}5}[F(3{,}5) - F(0)].$$

Cette énergie stockée moyenne est-elle égale à la moitié de l'énergie stockée maximale ? Justifier la réponse.

EXERCICE 4 au choix du candidat (6 points)

(physique-chimie)

Vous indiquerez sur votre copie l'exercice 4 choisi : exercice 4 – A ou exercice 4 – B

EXERCICE 4 – A – PILE À COMBUSTIBLE

Mots-clés : pile ; réactions d'oxydoréduction ; quantité d'électricité.

Une pile à combustible à méthanol direct (technologie DFMC) permet la conversion d'énergie chimique en énergie électrique.

Un réservoir de méthanol, appelé cartouche, fournit le combustible à la pile et la réaction du méthanol avec le dioxygène de l'air génère la circulation du courant électrique.

Cet exercice propose d'étudier les transformations chimiques ayant lieu dans la pile à combustible et envisage son utilisation pour recharger une batterie de bateau.

Données :

- volume de méthanol contenu dans une cartouche : $V = 5{,}0$ L ;
- masse volumique du méthanol : $\rho_{\text{méthanol}} = 790$ g·L^{-1} ;
- masse molaire moléculaire du méthanol : $M = 32{,}0$ g·mol^{-1} ;
- constante de Faraday : $F = 9{,}65 \times 10^4$ C·mol^{-1}.

PARTIE A – Fonctionnement de la pile à combustible à méthanol direct

Les réactifs de la pile à combustible sont le méthanol et le dioxygène O_2 de l'air.

Un schéma de cette pile est fourni **dans le DOCUMENT RÉPONSE DR3 à rendre avec la copie**.

La circulation d'ions H^+ dans la membrane électrolytique permet notamment le maintien de l'électroneutralité à chaque électrode.

À l'électrode 1 se déroule l'oxydation du méthanol modélisée par la demi-équation électrochimique :

$$CH_3{-}OH(\ell) + H_2O(\ell) \rightarrow CO_2(g) + 6\ H^+(aq) + 6\ e^-$$

A.1. Justifier que le méthanol est un réducteur et écrire le couple redox concerné.

A.2. Écrire la demi-équation électrochimique modélisant la transformation chimique qui se déroule à l'électrode 2 et fait intervenir le couple $O_2(g)$ / $H_2O(\ell)$.

A.3. À partir des deux demi-équations électrochimiques, montrer que le fonctionnement de la pile à combustible est modélisé par l'équation de réaction :

$$2\ CH_3{-}OH(\ell) + 3\ O_2(g) \rightarrow 2\ CO_2(g) + 4\ H_2O(\ell)$$

A.4. Sur le **DOCUMENT RÉPONSE DR3** identifier, en justifiant la réponse, l'anode et la cathode et préciser leur polarité. Justifier les réponses dans la copie.

A.5. Sur le **DOCUMENT RÉPONSE DR3** indiquer les sens de circulation des électrons et du courant électrique. Justifier les réponses dans la copie.

A.6. Indiquer sur le **DOCUMENT RÉPONSE DR3** le sens de circulation des ions H^+ dans la membrane.

PARTIE B – Autonomie de la pile à combustible

B.1. Montrer que la quantité de matière de méthanol contenue dans une cartouche est environ égale à $n_{\text{méthanol}} = 1{,}2 \times 10^2 \text{ mol}$.

B.2. En s'appuyant sur l'équation de demi-réaction électrochimique se déroulant à l'électrode 1, montrer que, lorsque la totalité du méthanol est consommée, la quantité de matière d'électrons échangée dans la pile est environ égale à $n_{e^-} = 7{,}2 \times 10^2$ mol.

B.3. Déduire la quantité d'électricité Q que peut fournir la consommation de la totalité de la cartouche de méthanol.

Il est envisagé d'utiliser la quantité d'électricité de la pile à combustible pour recharger la batterie d'un bateau. Cette batterie, de tension nominale 12 V, est capable de débiter un courant électrique d'intensité supposée constante I = 4,2 A pendant la durée d'utilisation.

B.4. Déterminer la valeur de la durée maximale pendant laquelle la batterie du bateau pourrait fonctionner après recharge. Expliquer en quoi la valeur obtenue est vraisemblablement surestimée.

EXERCICE 4 – B – ACIDE LACTIQUE

Mots-clés : répresentation spatiale des molécules ; dissociation d'un acide dans l'eau ; diagramme de prédominance.

La présence de l'acide lactique dans les muscles lors d'efforts intenses a été constatée pour la première fois en 1808 par le chimiste Jöns Jacob Berzelius.

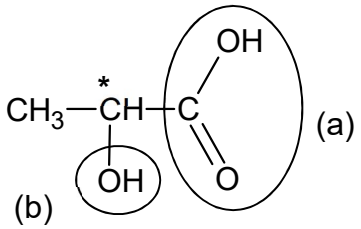
L'objectif de cet exercice est d'étudier la structure de l'acide lactique et d'identifier l'espèce prédominante sous laquelle se trouve l'acide lactique dans le sang des muscles au cours d'efforts intenses.

Données :

- numéros atomiques : Z(H) = 1 ; Z(C) = 6 ; Z(O) = 8 ;
- valeur du pH du sang : 7,40.

PARTIE A – Structure de la molécule d'acide lactique

La formule semi-développée de la molécule d'acide lactique est donnée ci-dessous :



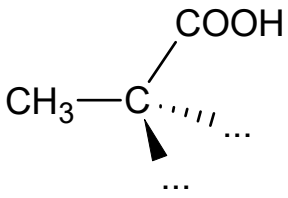
A.1. Nommer les familles fonctionnelles associées aux groupes caractéristiques (a) et (b).

A.2. En justifiant votre réponse, donner l'adjectif utilisé pour qualifier l'atome de carbone noté « * » dans la formule semi-développée donnée ci-dessus.

Des travaux menés depuis la découverte de Jöns Jacob Berzelius ont permis d'établir que l'acide lactique présent dans le sang des muscles lors d'efforts intenses est uniquement sous forme de l'énantiomère de stéréodescripteur S.

A.3. La molécule d'acide lactique présent dans le sang des muscles est qualifiée de molécule « chirale ». Donner la définition du mot « chirale ».

A.4. Reproduire sur la copie et compléter la répresentation ci-dessous pour représenter le stéréoisomère concerné. Expliquer votre démarche et les règles appliquées.



A.5. Montrer que l'acide lactique S est chiral.

PARTIE B – Acide lactique dans le sang

Une masse m = 500 mg d'acide lactique est dissoute dans de l'eau distillée pour obtenir une solution de volume V = 100,0 mL. Le pH de la solution obtenue est mesuré ; la valeur obtenue est : pH = 2,6.

Données :

	Acide lactique
Nom officiel	Acide 2-hydroxypropanoïque
Utilisations	Correcteur d'acidité dans l'industrie agroalimentaire
Masse molaire ($g \cdot mol^{-1}$)	90
Pictogramme de sécurité	
pKa	3,9

B.1. Montrer que la concentration en quantité de matière C_A apportée en acide lactique dans la solution préparée vaut $C_A = 5{,}6 \times 10^{-2}$ mol·L^{-1}.

B.2. Justifier le caractère acide de l'acide lactique.

B.3. En déduire la formule semi-développée de l'ion lactate, base conjuguée de l'acide lactique.

B.4. Écrire l'équation de la réaction acido-basique entre l'acide lactique et l'eau.

B.5. Montrer que le coefficient de dissociation de l'acide lactique s'écrit :

$$\alpha = \frac{[H_3O^+]}{C_A}.$$

B.6. Calculer α et justifier que l'acide lactique est un acide faible.

B.7. Représenter le diagramme de prédominance du couple acide lactique / ion lactate et déduire l'espèce prédominante de l'acide lactique dans la solution préparée.

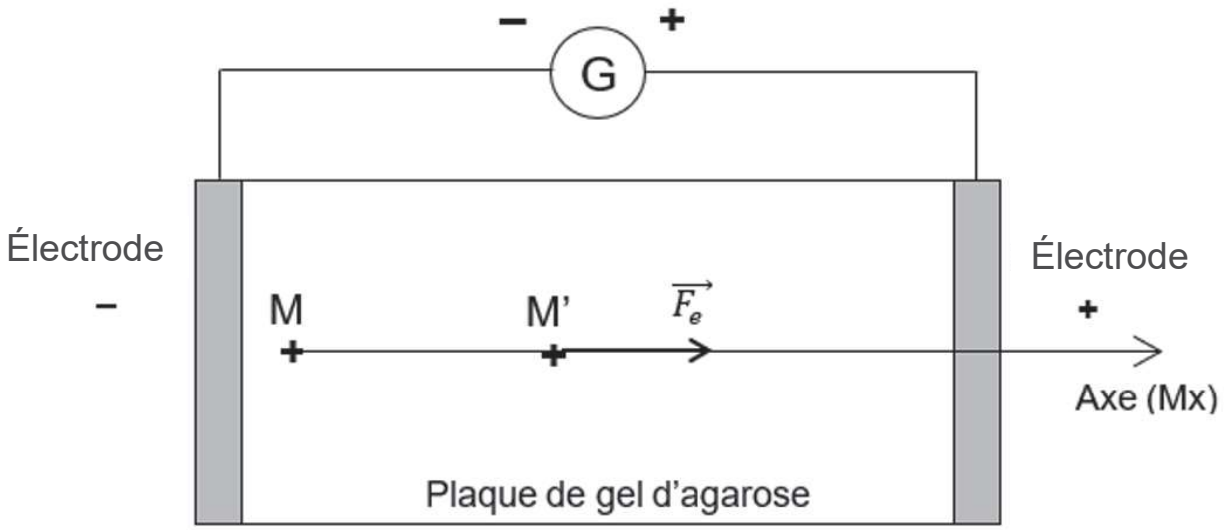
B.8. Donner l'expression de la constante d'équilibre acido-basique K_A du couple acide lactique/ion lactate dans l'eau en fonction des concentrations à l'équilibre des espèces chimiques concernées.

B.9. À partir de l'expression de K_A, montrer que le rapport $\frac{[CH_3\text{-}CHOH\text{-}COO^-]_{éq}}{[CH_3\text{-}CHOH\text{-}COOH]_{éq}}$ est environ égal à $5{,}0 \times 10^{-2}$. Vérifier la cohérence de ce résultat avec la réponse formulée à la question **B.7**.

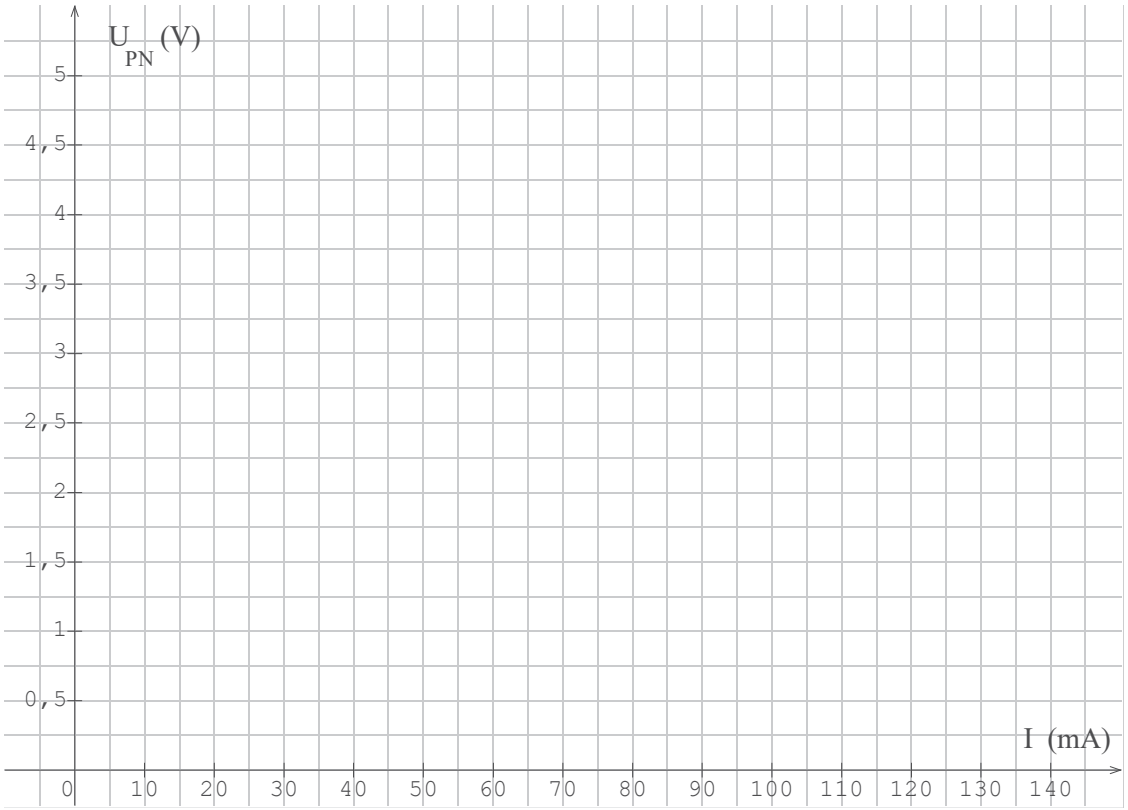
B.10. Conclure quant à l'espèce chimique du couple acide lactique/ion lactate prédominante dans le sang après un effort intense.

DOCUMENT RÉPONSE
À RENDRE AVEC LA COPIE

DR1 : principe de l'électrophorèse



DR2 : détermination expérimentale de la valeur de la résistance interne



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

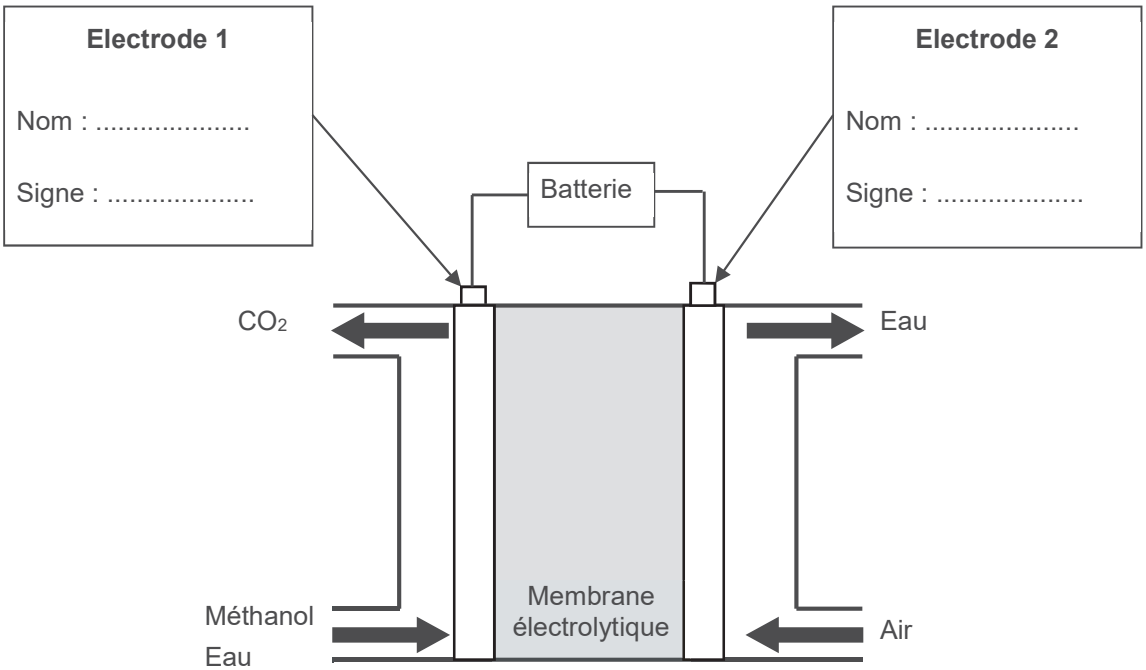
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DR3 : schéma de la pile à combustible



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2