

## 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.



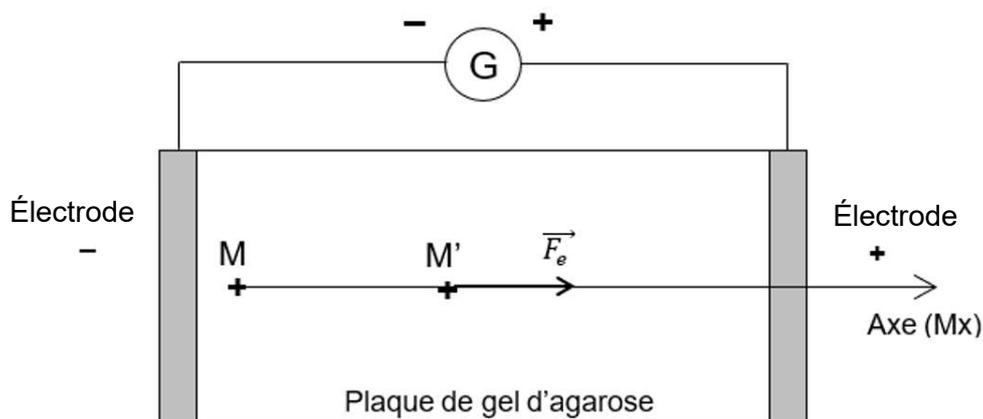
Réalisation d'une électrophorèse au laboratoire

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  $\vec{F}_e$  et représentée ci-dessus au point M'.

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

### Données :

- masse d'un ion aspartate :  $m_{\text{aspart}} = 2,12 \times 10^{-25}$  kg ;
- masse d'un ion glutamate :  $m_{\text{glutam}} = 2,43 \times 10^{-25}$  kg ;
- norme de la force électrostatique subie par les ions aspartate et glutamate :  
 $F_e = e \times E$  avec
  - $E = 520 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$  : intensité du champ électrostatique ;
  - $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$  : 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 :  
 $\vec{f} = -k \cdot \vec{v}$ , avec
  - $k$  le coefficient caractéristique du constituant et du milieu dans lequel s'effectue la migration :
    - pour l'ion aspartate  $k_{\text{aspart}} = 2,7 \times 10^{-12} \text{ N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-1}$  ;
    - pour l'ion glutamate  $k_{\text{glutam}} = 3,0 \times 10^{-12} \text{ N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-1}$  ;
  - $\vec{v}$  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 :

$$v' = -1,3 \times 10^{13} v + 3,9 \times 10^8,$$

où la vitesse  $v$  est exprimée en mètre par seconde ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 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  $t \in [0 ; +\infty[$ ,

$$v(t) = 3 \times 10^{-5} (1 - e^{-1,3 \times 10^{13} t})$$

**B.3.** Justifier que  $\lim_{t \rightarrow +\infty} v(t) = 3 \times 10^{-5}$ .

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

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

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

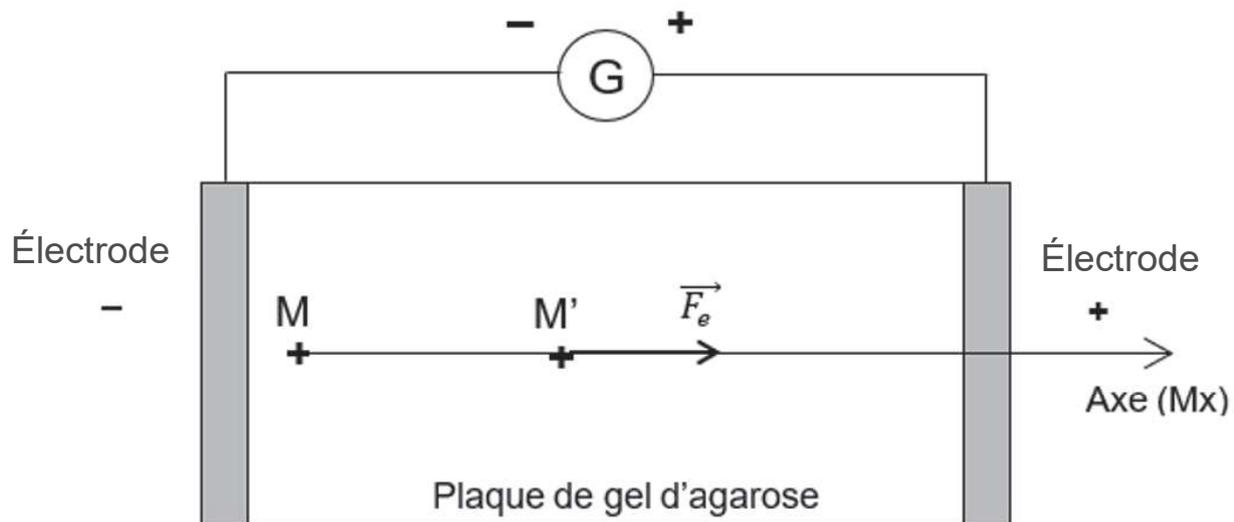
En fin d'électrophorèse, les taches sont révélées sous lumière ultraviolette. On admet qu'une différence de distance de migration d'au moins 5 mm est nécessaire pour distinguer la tache associée au mouvement des ions glutamate et celle associée au mouvement des ions aspartate.

**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.

DOCUMENT RÉPONSE  
À RENDRE AVEC LA COPIE

DR1 : principe de l'électrophorèse



DR2 : détermination expérimentale de la valeur de la résistance interne

