Séparation d'acides aminés par électrophorèse

Bac S 2015 Nouvelle-Calédonie rattrapage (ancien programme) · Exercice 2 **6 points** **Durée conseillée 1 h**

1.1 Justifier que le mouvement de migration des constituants du mélange est rectiligne uniforme.

Système {un constituant}, étudié dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen.

Très peu de temps après la mise sous tension, la force de frottement $\vec{f}$ compense la force électrique $\vec{F}_e$: $\vec{f} + \vec{F}_e = \vec{0}$. Sur le support horizontal, le poids est compensé par la réaction du support.

La somme des forces est donc nulle. D'après le principe d'inertie (première loi de Newton), le vecteur vitesse est constant.

Les forces se compensent : le mouvement du constituant est **rectiligne uniforme**.

PIÈGE
Citer le principe d'inertie sans dire que la somme des forces est nulle. C'est cette phrase, tirée de l'énoncé (« compense »), qui justifie la conclusion.

1.2 Montrer que la vitesse de migration d'un constituant de charge q est $v = \dfrac{|q|\,E}{k\,R}$.

Données utiles $\vec{f} = -k\,R\,\vec{v}$

Force électrique subie par le constituant de charge q : $\vec{F}_e = q\,\vec{E}$.

Les deux forces se compensent : $\vec{f} = -\vec{F}_e$. Deux vecteurs opposés ont la même norme : $f = F_e$.

Or $f = k\,R\,v$ (avec k, R et v positifs) et $F_e = |q|\,E$, donc $k\,R\,v = |q|\,E$.

$v = \dfrac{|q|\,E}{k\,R}$, ce qui est l'expression attendue.

PIÈGE
Confondre le champ $\vec{E}$ (en $\mathrm{V \cdot m^{-1}}$) et la force $\vec{F}_e = q\,\vec{E}$ (en N) : écrire « $\vec{f} = -\vec{E}$ » n'a pas de sens.

COMPRENDRE
La valeur absolue est nécessaire : une vitesse est positive, alors que q peut être négative. Le signe de q fixe seulement le sens de la migration, celui de $\vec{E}$ si $q > 0$, le sens opposé si $q < 0$.

1.3 Tous les constituants se déplacent-ils à la même vitesse ? Justifier.

Le champ E est le même pour tous les constituants. En revanche, d'après $v = \dfrac{|q|\,E}{k\,R}$, la vitesse dépend de la charge q du constituant, de son rayon de Stokes R et de la constante k, qui changent d'un constituant à l'autre.

Non : v augmente avec $|q|$ et diminue quand R augmente. Les constituants migrent à des vitesses différentes, ce qui permet de les séparer.

COMPRENDRE
Un constituant de charge globale nulle a une vitesse nulle : il reste à l'endroit du dépôt. À charge égale, le plus volumineux est le plus lent.

1.4 Calculer la durée nécessaire pour obtenir une migration de 10 cm. Conclure sur la durée de 40 min choisie initialement.

Données utiles $k\,R = 2{,}2 \times 10^{-12}\ \text{N}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$; $q = 1{,}6 \times 10^{-19}\ \text{C}$; $E = 7{,}5 \times 10^{2}\ \text{V}\cdot\text{m}^{-1}$; $d = 10\ \text{cm} = 0{,}10\ \text{m}$

Le mouvement est rectiligne uniforme : $v = \dfrac{d}{\Delta t}$. Avec $v = \dfrac{|q|\,E}{k\,R}$:

$$\Delta t = \frac{d}{v} = \frac{d\,k\,R}{|q|\,E}$$

$$\Delta t = \frac{0{,}10 \times 2{,}2 \times 10^{-12}}{1{,}6 \times 10^{-19} \times 7{,}5 \times 10^{2}} = 1{,}8 \times 10^{3}\ \text{s}$$

soit environ 31 min.

La durée choisie (40 min) est supérieure à 31 min : elle suffit, ce constituant parcourt même $\dfrac{40}{31} \times 10 \approx 13$ cm.

$\Delta t = 1{,}8 \times 10^{3}\ \text{s} \approx 31\ \text{min}$: la durée de 40 min convient, à condition que le support laisse environ 13 cm de part et d'autre du dépôt.

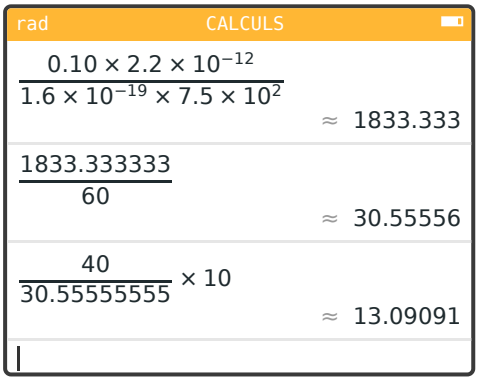
PIÈGE

Laisser d en centimètres : avec $k\,R$ en $\text{N}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$ et E en $\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$, la distance se met en mètres. Penser aussi à convertir les secondes en minutes pour comparer à 40 min.

COMPRENDRE

Les données ont deux chiffres significatifs, le résultat aussi : $1{,}8 \times 10^{3}$ s. La vitesse correspondante, $5{,}5 \times 10^{-5}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, est très faible : une électrophorèse dure longtemps.

À LA CALCULATRICE



2 Représenter les domaines de prédominance des quatre acides α-aminés, puis associer à chaque tache A, B, C et D de l'électrophorèse du mélange M l'acide α-aminé qui lui correspond.

Données utiles tampon de pH = 6,0 ; glycine : pKa 2,3 et 9,6 ; lysine : 2,2 ; 9,0 ; 10,5 ; acide aspartique : 2,2 ; 3,9 ; 9,8 ; acide glutamique : 2,2 ; 4,3 ; 10,5 ; $v = \dfrac{|q|\,E}{k\,R}$ (1.2)

Formes prédominantes. Pour un couple, l'acide prédomine si pH < pKa, la base si pH > pKa. On place pH = 6,0 sur chaque diagramme (figure) :

- glycine : $2{,}3 < 6{,}0 < 9{,}6$, forme GLY^{+-}, charge globale nulle ;
- lysine : $2{,}2 < 6{,}0 < 9{,}0$, forme LYS^{++-}, charge globale $+e$;
- acide aspartique : $3{,}9 < 6{,}0 < 9{,}8$, forme ASP^{+--}, charge globale $-e$;
- acide glutamique : $4{,}3 < 6{,}0 < 10{,}5$, forme GLU^{+--}, charge globale $-e$.

Sens de migration. La force $\vec{F}_e = q\,\vec{E}$ a le sens de $\vec{E}$ si $q > 0$, le sens contraire si $q < 0$. Sur le schéma, $\vec{E}$ est orienté de l'électrode 2 vers l'électrode 1.

- La glycine, neutre, ne migre pas ($v = 0$) : elle reste sur la zone de dépôt, tache B.
- La lysine, chargée positivement, migre dans le sens de $\vec{E}$, vers l'électrode 1 : tache A.
- Les acides aspartique et glutamique, chargés négativement, migrent vers l'électrode 2 : taches C et D.

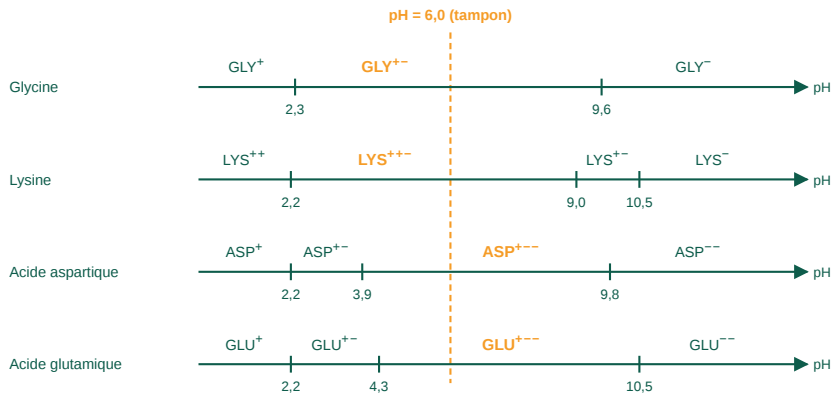
Taches C et D. Les deux ions portent la même charge $-e$. L'acide glutamique possède un groupe $\mathrm{CH_2}$ de plus : il est plus volumineux, son rayon de Stokes R est plus grand, donc sa vitesse $v = \dfrac{|q|\,E}{k\,R}$ est plus faible (en supposant k voisin pour ces deux espèces proches). Il s'éloigne moins du dépôt : tache C. L'acide aspartique, plus rapide, donne la tache D.

A : lysine ; B : glycine ; C : acide glutamique ; D : acide aspartique.

PIÈGE
Faire migrer les ions négatifs dans le sens de $\vec{E}$. Le champ est orienté de l'électrode positive vers l'électrode négative : les cations vont vers l'électrode 1, les anions vers l'électrode 2.

COMPRENDRE
À pH = 6,0, on est à plus d'une unité de tous les pKa : chaque forme prédominante représente plus de 95 % de son acide aminé, d'où une seule tache par espèce.

MÉTHODE
Trois étapes : 1) forme prédominante de chaque espèce au pH du tampon ; 2) charge globale, donc sens de migration par rapport à $\vec{E}$; 3) à charge égale, départager par la taille.



2 · Domaines de prédominance des quatre acides α-aminés ; en orange, la forme prédominante à pH = 6,0