Corrigé complet — Bac S 2015 Nouvelle-Calédonie rattrapage (ancien programme)

Physique-chimie, enseignement de spécialité **20 points** **3 h 30**

Ex 1	**Des bulles sur l'eau** Modes de transfert thermique · Variation d'énergie interne · Énergie de changement d'état · Rendement · Énergie d'un photon · Domaines des ondes électromagnétiques	9 pts	1 h 30	11 questions	p. 2
Ex 2	**Séparation d'acides aminés par électrophorèse** Principe d'inertie · Force électrique dans un champ uniforme · Mouvement rectiligne uniforme · Couples acide/base et pKa · Diagramme de prédominance	6 pts	1 h	5 questions	p. 8
Ex 3	**Spécialité : Le lagunage** Couples oxydant-réducteur · Demi-équations électroniques · Titrage indirect par oxydoréduction · Quantité de matière et concentration en masse · Proportionnalité · Résolution de problème	5 pts	50 min	2 questions	p. 11

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

Des bulles sur l'eau

Bac S 2015 Nouvelle-Calédonie rattrapage (ancien programme) · Exercice 1 **9 points** **Durée conseillée 1 h 30**

1.1 Citer les modes de transferts thermiques qui peuvent expliquer la diminution de température de l'eau en l'absence de couverture à bulles.

La nuit, l'eau est plus chaude que l'air : elle cède de l'énergie à l'extérieur, par sa surface, selon trois modes.

- **Conduction** : de proche en proche, au contact entre l'eau et l'air, sans déplacement de matière.
- **Convection** : l'air réchauffé au contact de l'eau s'élève et il est remplacé par de l'air plus froid ; l'énergie est emportée par ce mouvement de matière.
- **Rayonnement** : l'eau émet des ondes électromagnétiques, ici dans l'infrarouge.

Trois modes : conduction, convection et rayonnement.

COMPRENDRE
Un transfert thermique se fait spontanément du corps chaud vers le corps froid. L'évaporation, étudiée aux questions 1.3 et 1.4, refroidit aussi l'eau, mais c'est un changement d'état, pas un quatrième mode de transfert.

1.2 Citer deux arguments expliquant qualitativement l'efficacité de la couverture à bulles translucide pour l'isolation thermique de l'eau de baignade.

Données utiles $\lambda_a = 0{,}03\ \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $\lambda_p = 0{,}4\ \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; lame d'air de 0,5 cm ; couverture opaque aux infrarouges ; à 25 °C, maximum d'émission à 10^4 nm

Les pertes se font surtout par la surface de l'eau, là où la couverture est posée.

Premier argument (conduction, convection). La couverture supprime le contact direct entre l'eau et l'air extérieur. Elle interpose une lame d'air immobile, emprisonnée dans les bulles. Or l'air a une conductivité thermique très faible ($\lambda_a = 0{,}03\ \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, environ 13 fois plus faible que celle du plastique) : c'est un très bon isolant.

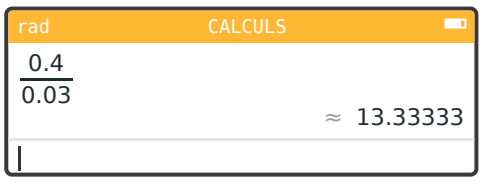
Second argument (rayonnement). Une eau à environ 25 °C rayonne surtout autour de 10^4 nm, soit 10 µm : c'est de l'infrarouge (longueur d'onde supérieure à 800 nm). La couverture est opaque aux infrarouges : ce rayonnement ne la traverse pas.

La lame d'air isolante limite conduction et convection ; l'opacité aux infrarouges limite les pertes par rayonnement.

COMPRENDRE
Le lien entre la température d'un corps et la longueur d'onde de son maximum d'émission (corps noir, loi de Wien) n'est plus au programme actuel de spécialité ; ici la valeur est fournie.

MÉTHODE
Pour une question qualitative, appuyer chaque argument sur une donnée précise du sujet : ici la conductivité de l'air, puis l'opacité aux infrarouges reliée à la longueur d'onde 10^4 nm.

À LA CALCULATRICE



1.3 Montrer que l'énergie nécessaire à l'évaporation d'eau pour la nuit est de l'ordre de 4×10^8 J.

Données utiles $S = 32\ \text{m}^2$; baisse de niveau $e = 5$ mm ; $\rho_{eau} = 1{,}00 \times 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$; énergie massique d'évaporation $L = 2{,}4 \times 10^6\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$

Volume d'eau évaporée : c'est une couche d'épaisseur e sur toute la surface S, donc $V_{\text{év}} = S\,e$.

Masse d'eau évaporée : $m_{\text{év}} = \rho_{eau}\,S\,e$

$$m_{\text{év}} = 1{,}00 \times 10^3 \times 32 \times 5 \times 10^{-3} = 1{,}6 \times 10^2\ \text{kg}$$

Énergie nécessaire, à raison de $L = 2{,}4 \times 10^6$ J par kilogramme évaporé : $Q = m_{\text{év}}\,L$

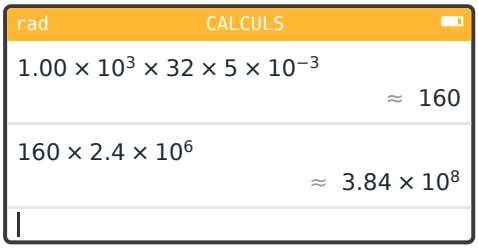
$$Q = 1{,}6 \times 10^2 \times 2{,}4 \times 10^6 = 3{,}84 \times 10^8\ \text{J}$$

$Q \approx 3{,}8 \times 10^8$ J, bien de l'ordre de 4×10^8 J.

PIÈGE
Laisser l'épaisseur en millimètres : $e = 5 \times 10^{-3}$ m. Ne pas utiliser non plus le volume total de 48 m³, seule la couche de 5 mm s'évapore.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : les données en ont deux au mieux (un seul pour 5 mm), d'où $3{,}8 \times 10^8$ J, que le sujet arrondit à 4×10^8 J. On garde la valeur non arrondie pour la suite.

À LA CALCULATRICE



1.4 En supposant que toute l'énergie nécessaire à l'évaporation est apportée par les 48 m³ d'eau de la piscine, calculer la baisse de température de l'eau due à la seule évaporation.

Données utiles $Q = 3{,}84 \times 10^8$ J (1.3) ; $V = 48\ \text{m}^3$; $\rho_{eau} = 1{,}00 \times 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $c_{eau} = 4{,}18 \times 10^3\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Système : les 48 m³ d'eau liquide, de masse $m = \rho_{eau}\,V$.

L'eau cède l'énergie Q : sa variation d'énergie interne est $\Delta U = -Q$.

Pour un liquide incompressible : $\Delta U = m\,c_{eau}\,\Delta\theta = \rho_{eau}\,V\,c_{eau}\,\Delta\theta$, donc

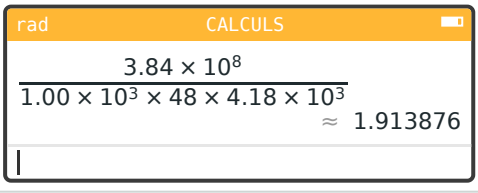
$$\Delta\theta = \frac{-Q}{\rho_{eau}\,V\,c_{eau}} = \frac{-3{,}84 \times 10^8}{1{,}00 \times 10^3 \times 48 \times 4{,}18 \times 10^3} = -1{,}9\ ^\circ\text{C}$$

L'évaporation seule fait baisser la température de l'eau d'environ $1{,}9\ ^\circ\text{C}$, soit près de 2 °C.

PIÈGE
Oublier le signe : l'eau perd de l'énergie, ΔU et $\Delta\theta$ sont négatifs. La « baisse » demandée est la valeur absolue, 1,9 °C.

COMPRENDRE
C'est environ la moitié des 4 °C perdus pendant la nuit. Un écart de température a la même valeur en °C et en K : inutile de convertir.

À LA CALCULATRICE



1.5 À l'aide des réponses précédentes, présenter les avantages de l'utilisation d'une couverture à bulles.

La couverture posée sur l'eau la nuit apporte trois avantages.

- Elle réduit les pertes par conduction, convection et rayonnement à la surface (1.1 et 1.2).
- Elle empêche l'évaporation, qui explique à elle seule près de la moitié de la baisse nocturne : environ 2 °C sur 4 °C (1.4).
- Elle économise l'eau : sans elle, 160 kg d'eau, soit 160 L, s'évaporent chaque nuit (1.3) et doivent être remplacés.

L'eau reste plus chaude d'un jour à l'autre et l'on ajoute moins d'eau : moins de chauffage, moins de remplissage.

2.1 Les deux couvertures à bulles testées présentent-elles un intérêt pour élever la température de l'eau de baignade ? Justifier.

Données utiles élévations de température en 2 h, lues dans le tableau

On calcule l'élévation de température $\Delta\theta = \theta_{\text{finale}} - \theta_{\text{initiale}}$ de chaque bassin.

- Expérience 1 : bassin A sans couverture, $28{,}0 - 24{,}1 = +3{,}9$ °C ; bassin B translucide, $28{,}8 - 24{,}1 = +4{,}7$ °C.
- Expérience 2 : bassin A noire opaque, $27{,}5 - 24{,}0 = +3{,}5$ °C ; bassin B translucide, $28{,}8 - 24{,}0 = +4{,}8$ °C.
- Expérience 3 : bassin A noire opaque, $23{,}7 - 23{,}8 = -0{,}1$ °C ; bassin B translucide, $24{,}4 - 23{,}8 = +0{,}6$ °C.

Couverture translucide. Dans l'expérience 1, le même jour, l'eau couverte gagne 4,7 °C contre 3,9 °C sans couverture. Sous ciel nuageux (expérience 3), elle gagne encore 0,6 °C. Elle présente un intérêt.

Couverture noire opaque. Elle chauffe toujours moins que la translucide (3,5 °C contre 4,8 °C dans l'expérience 2). Sous ciel nuageux, la température ne monte pas : elle baisse même de 0,1 °C. Son gain en plein soleil (3,5 °C) ne dépasse pas celui du bassin sans couverture (3,9 °C dans l'expérience 1).

Seule la couverture translucide présente un intérêt net pour élever la température ; la noire opaque n'en présente pas.

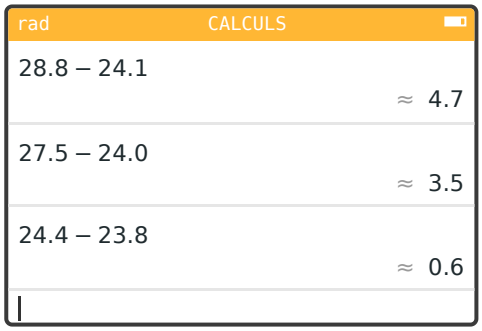
COMPRENDRE

La couverture translucide transmet le visible, absorbé ensuite dans l'eau. La noire absorbe le rayonnement en surface et ne transmet l'énergie à l'eau que par conduction, à travers sa lame d'air isolante.

MÉTHODE

Ne comparer directement que deux bassins d'une même expérience : même soleil, même air. Les expériences 1 et 2 ont lieu deux jours différents (air à 29 °C puis 34 °C), leur rapprochement reste indicatif.

À LA CALCULATRICE



2.2 En supposant que le transfert thermique vers le bassin se fait intégralement par rayonnement, calculer le rendement de la couverture translucide dans l'expérience 1.

Données utiles $\eta = \dfrac{\Delta U_{eau}}{E_{solaire}} \times 100$; $P_s = 8{,}5 \times 10^{2}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$; $S = 7{,}6 \times 10^{-2}\ \text{m}^2$; $V = 1{,}3 \times 10^{-2}\ \text{m}^3$; $\Delta t = 2$ h ; bassin B : 24,1 °C puis 28,8 °C

Énergie reçue par l'eau : $\Delta U_{eau} = \rho_{eau}\, V\, c_{eau}\, \Delta\theta$ avec $\Delta\theta = 28{,}8 - 24{,}1 = 4{,}7$ °C.

$$\Delta U_{eau} = 1{,}00 \times 10^{3} \times 1{,}3 \times 10^{-2} \times 4{,}18 \times 10^{3} \times 4{,}7 = 2{,}55 \times 10^{5}\ \text{J}$$

Énergie solaire reçue par la surface S pendant $\Delta t = 2 \times 3600 = 7200$ s : $E_{solaire} = P_s\, S\, \Delta t$

$$E_{solaire} = 8{,}5 \times 10^{2} \times 7{,}6 \times 10^{-2} \times 7200 = 4{,}65 \times 10^{5}\ \text{J}$$

Rendement :

$$\eta = \frac{\rho_{eau}\, V\, c_{eau}\, \Delta\theta}{P_s\, S\, \Delta t} \times 100 = \frac{2{,}55 \times 10^{5}}{4{,}65 \times 10^{5}} \times 100$$

$\eta \approx 55\ \%$

PIÈGE
La puissance est donnée par mètre carré : il faut la multiplier par la surface S, puis par la durée en secondes (7200 s, pas 2).

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme P_s, S, V et $\Delta\theta$. Si l'on tient la durée « 2 h » pour une valeur à un seul chiffre, on annonce 50 % environ.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1.00 \times 10^{3} \times 1.3 \times 10^{-2} \times 4.18 \times 10^{3} \times 4.7 \approx 255398$

$8.5 \times 10^{2} \times 7.6 \times 10^{-2} \times 7200 \approx 465120$

$\dfrac{255\,398}{465\,120} \times 100 \approx 54.91013$

2.3 Montrer que, dans les conditions de l'expérience 3 et pour la même durée, une couverture translucide sur une piscine de 32 m² et 48 m³ ne provoque pas d'augmentation significative de la température.

Données utiles $\eta = 12\ \%$; $P_s = 5{,}1 \times 10^{2}\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$; $S' = 32\ \text{m}^2$; $V' = 48\ \text{m}^3$; $\Delta t = 7200$ s

D'après la définition du rendement : $\Delta U_{eau} = \dfrac{\eta}{100}\, E_{solaire}$, soit

$$\rho_{eau}\, V'\, c_{eau}\, \Delta\theta = \frac{\eta}{100}\, P_s\, S'\, \Delta t$$

$$\Delta\theta = \frac{\eta\, P_s\, S'\, \Delta t}{100\, \rho_{eau}\, V'\, c_{eau}} = \frac{0{,}12 \times 5{,}1 \times 10^{2} \times 32 \times 7200}{1{,}00 \times 10^{3} \times 48 \times 4{,}18 \times 10^{3}} = 0{,}070\ ^{\circ}\text{C}$$

Cette élévation est inférieure à 0,1 °C, précision des températures relevées dans le tableau : elle n'est pas mesurable.

$\Delta\theta \approx 0{,}07\ ^{\circ}\text{C}$ en deux heures : l'augmentation de température n'est pas significative.

COMPRENDRE
Avec le même rendement, le petit bassin gagne 0,6 °C. La piscine reçoit moins d'énergie par litre d'eau : sa profondeur moyenne V'/S' vaut 1,5 m, contre 0,17 m pour le bassin d'essai.

MÉTHODE
Pour conclure « non significatif », comparer le résultat à une référence chiffrée : ici la précision du thermomètre, 0,1 °C.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{0.12 \times 5.1 \times 10^{2} \times 32 \times 7200}{1.00 \times 10^{3} \times 48 \times 4.18 \times 10^{3}} \approx 0.07027751$

3.1 Montrer que la longueur d'onde du photon absorbé lors de la photolyse de HClO en phase gazeuse est égale à 480 nm.

Données utiles $D = 251 \times 10^3\ \text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$; $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$; $h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ \text{J} \cdot \text{s}$; $c = 3{,}00 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (valeur à connaître)

D est l'énergie nécessaire pour rompre une mole de liaisons O–Cl, soit N_A liaisons. Un photon rompt une seule liaison : son énergie est

$$E = \frac{D}{N_A}$$

Or l'énergie d'un photon de longueur d'onde λ est $E = \dfrac{h\,c}{\lambda}$, donc

$$\lambda = \frac{h\,c}{E} = \frac{h\,c\,N_A}{D}$$

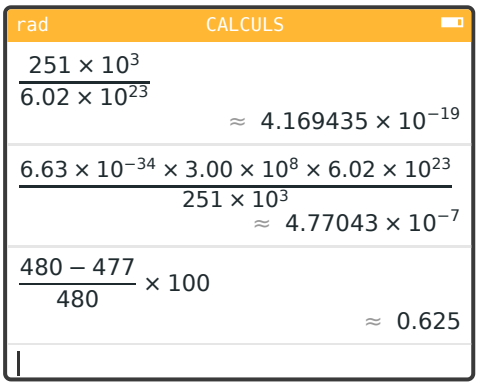
$$\lambda = \frac{6{,}63 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^8 \times 6{,}02 \times 10^{23}}{251 \times 10^3} = 4{,}77 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

$\lambda = 477$ nm, soit environ 480 nm comme annoncé (écart de 0,6 %).

PIÈGE
Utiliser D directement dans $E = hc/\lambda$: D est une énergie par mole, il faut la diviser par N_A pour obtenir l'énergie d'un seul photon.

COMPRENDRE
Avec trois chiffres significatifs on trouve 477 nm ; le sujet a arrondi à deux chiffres. La célérité c ne figure pas dans les données : elle est à connaître.

À LA CALCULATRICE



3.2 Quelle est l'influence du solvant sur l'énergie nécessaire à la photolyse de l'acide hypochloreux ?

Données utiles phase gazeuse : $\lambda_g = 480$ nm ; solution aqueuse : $\lambda_{aq} = 240$ nm

L'énergie du photon est $E = \dfrac{h\,c}{\lambda}$: elle est inversement proportionnelle à la longueur d'onde.

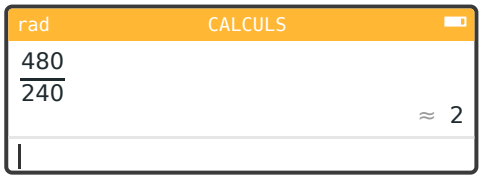
En solution aqueuse, la longueur d'onde efficace est deux fois plus petite qu'en phase gazeuse :

$$\frac{E_{aq}}{E_g} = \frac{\lambda_g}{\lambda_{aq}} = \frac{480}{240} = 2$$

En présence du solvant (l'eau), la photolyse demande un photon deux fois plus énergétique : le solvant augmente l'énergie nécessaire.

MÉTHODE
Pour comparer deux énergies de photon, former le rapport : h et c se simplifient, il reste le rapport inverse des longueurs d'onde.

À LA CALCULATRICE



3.3 Donner la caractéristique de la couverture translucide qui permet de diminuer la quantité d'acide hypochloreux utilisée pour le traitement de l'eau de piscine.

Dans la piscine, l'acide hypochloreux est en solution aqueuse : il est détruit par des photons de longueur d'onde voisine de 240 nm. Cette valeur est inférieure à 400 nm : ce sont des ultraviolets.

Or la couverture translucide est opaque aux ultraviolets : elle arrête ces photons avant qu'ils n'atteignent l'eau. L'acide hypochloreux se dégrade moins vite, il faut en rajouter moins souvent.

La caractéristique utile est l'opacité de la couverture aux ultraviolets.

COMPRENDRE

Domaine visible : de 400 nm à 800 nm environ. En dessous, l'ultraviolet ; au-dessus, l'infrarouge. La couverture laisse passer le visible, qui chauffe l'eau, mais pas les UV, qui détruisent le produit.

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.

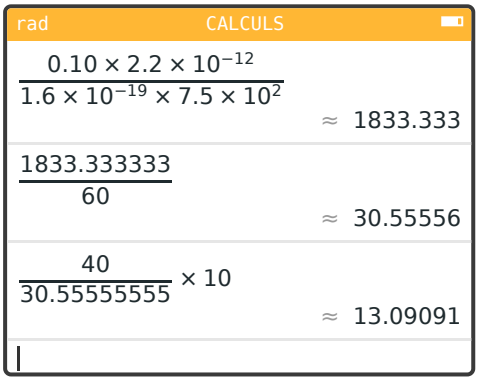
PIÈGE

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.

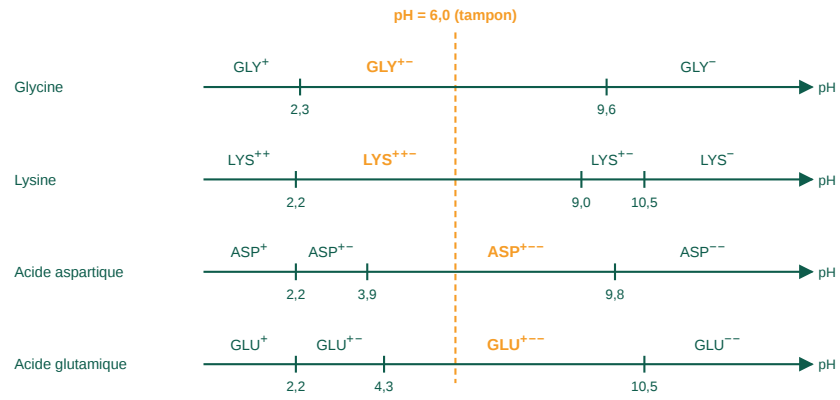
Taches C et D. Les deux ions portent la même charge $-e$. L'acide glutamique possède un groupe $\mathrm{CH_2}$ de plus : il est plus volumineux, son rayon de Stokes R est plus grand, donc sa vitesse $v = \dfrac{|q|\,E}{k\,R}$ est plus faible (en supposant k voisin pour ces deux espèces proches). Il s'éloigne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

Spécialité : Le lagunage

Bac S 2015 Nouvelle-Calédonie rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1 Justifier que l'ion permanganate MnO_4^- et le dioxygène O_2 sont les oxydants dans les deux couples présentés.

Données utiles $MnO_4^-(aq) + 5\,e^- + 8\,H^+(aq) = Mn^{2+}(aq) + 4\,H_2O(l)$; $O_2(aq) + 4\,e^- + 4\,H^+(aq) = 2\,H_2O(l)$

Un oxydant est une espèce capable de capter un ou plusieurs électrons.

Dans les deux demi-équations, les électrons sont écrits du côté de MnO_4^- et du côté de O_2 : un ion MnO_4^- capte 5 électrons pour former Mn^{2+}, une molécule O_2 en capte 4 pour former H_2O.

MnO_4^- et O_2 captent des électrons : ce sont les oxydants des couples MnO_4^- / Mn^{2+} et O_2 / H_2O.

MÉTHODE
Dans l'écriture d'un couple, l'oxydant est toujours cité en premier (Ox/Red). Dans la demi-équation, il se trouve du même côté que les électrons.

2 Justifier que la quantité de dioxygène qui oxyderait la même matière organique que n_0 mol d'ions permanganate est $n(O_2) = \dfrac{5n_0}{4}$. Problème : la mini-station respecte-t-elle la législation sur l'eau destinée à la consommation humaine ? Sinon, calculer la surface minimale des bassins et dire si elle est cohérente avec la station de Mèze.

Données utiles eau analysée : $V = 50{,}0$ mL ; S_1 : $C_1 = 2{,}00 \times 10^{-3}$ mol · L^{-1}, $V_1 = 20{,}0$ mL ; S_2 : $C_2 = 5{,}00 \times 10^{-3}$ mol · L^{-1}, $V_2 = 20{,}0$ mL ; $V_E = 3{,}9$ mL ; $n_0 = n_1 - \dfrac{2}{5}n_2 + n_E$; $M(O) = 16{,}0$ g · mol^{-1} ; norme : $IP < 5{,}0$ mg · L^{-1} ; $S = k\,(IP_0 - IP_s)$; mini-station : $S = 15$ m^2, $IP_0 = 11$ mg · L^{-1}, 2 personnes ; Mèze : 15 ha, 15 000 personnes ; 1 ha = 10 000 m²

Question 2. Pour oxyder la même matière organique, les deux oxydants doivent lui arracher la même quantité d'électrons $n(e^-)$.

Un ion MnO_4^- capte 5 électrons : $n(e^-) = 5\,n_0$. Une molécule O_2 en capte 4 : $n(e^-) = 4\,n(O_2)$.

Donc $4\,n(O_2) = 5\,n_0$, soit $n(O_2) = \dfrac{5n_0}{4}$.

Problème — démarche. On calcule n_0 grâce au titrage, puis la masse de dioxygène équivalente par litre d'eau : c'est IP_s, à comparer à $5{,}0$ mg · L^{-1}. On utilise ensuite $S = k\,(IP_0 - IP_s)$.

1. Quantités de matière mises en jeu.

$n_1 = C_1V_1 = 2{,}00 \times 10^{-3} \times 20{,}0 \times 10^{-3} = 4{,}00 \times 10^{-5}$ mol

$n_2 = C_2V_2 = 5{,}00 \times 10^{-3} \times 20{,}0 \times 10^{-3} = 1{,}00 \times 10^{-4}$ mol

$n_E = C_1V_E = 2{,}00 \times 10^{-3} \times 3{,}9 \times 10^{-3} = 7{,}8 \times 10^{-6}$ mol

$$n_0 = 4{,}00 \times 10^{-5} - \frac{2}{5} \times 1{,}00 \times 10^{-4} + 7{,}8 \times 10^{-6} = 7{,}8 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

2. Indice permanganate en sortie. Masse de dioxygène équivalente pour les 50,0 mL analysés, avec $M(O_2) = 2 \times 16{,}0 = 32{,}0$ g · mol^{-1} :

$$m(O_2) = \frac{5n_0}{4}\,M(O_2) = \frac{5 \times 7{,}8 \times 10^{-6}}{4} \times 32{,}0 = 3{,}1 \times 10^{-4} \text{ g}$$

Rapportée à un litre d'eau :

$$IP_s = \frac{m(O_2)}{V} = \frac{3{,}12 \times 10^{-4}}{50{,}0 \times 10^{-3}} = 6{,}2 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = 6{,}2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

$IP_s > 5{,}0$ mg · L^{-1} : l'eau rejetée ne respecte pas la norme.

3. Surface minimale. Le coefficient k est le même pour la station actuelle et pour la station agrandie, les eaux usées gardant $IP_0 = 11$ mg · L^{-1}. Pour atteindre $IP_s' = 5{,}0$ mg · L^{-1} :

PIÈGE
La masse $3{,}1 \times 10^{-4}$ g correspond aux 50,0 mL analysés, pas à un litre : sans la division par le volume (facteur 20), on trouve 0,31 mg et on conclut à tort que l'eau est conforme.

COMPRENDRE
Ici $n_1 = \dfrac{2}{5}n_2$: l'oxalate ajouté compense exactement le permanganate initial, d'où $n_0 = n_E$. Le résultat a deux chiffres significatifs, comme V_E, IP_0 et S ; on garde 6,24 dans les calculs intermédiaires.

MÉTHODE
Résolution de problème : annoncer la grandeur à comparer à la norme, enchaîner les étapes littérales puis numériques, conclure par une phrase chiffrée. Pour comparer deux stations de tailles différentes, ramener chaque surface à une personne.

$$k = \frac{S}{IP_0 - IP_s} = \frac{S'}{IP_0 - IP'_s}$$

$$S' = S \times \frac{IP_0 - IP'_s}{IP_0 - IP_s} = 15 \times \frac{11 - 5{,}0}{11 - 6{,}24} = 19\ \text{m}^2$$

4. Comparaison avec Mèze. Mèze : $\frac{15 \times 10\,000}{15\,000} = 10\ \text{m}^2$ par personne. Mini-station agrandie : $\frac{19}{2} = 9{,}5\ \text{m}^2$ par personne.

Les deux surfaces par habitant sont très proches : le résultat est cohérent avec le dimensionnement de Mèze.

$IP_s = 6{,}2\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1} > 5{,}0\ \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$: norme non respectée ; il faut au moins $S' \approx 19\ \text{m}^2$, soit $9{,}5\ \text{m}^2$ par personne, cohérent avec Mèze ($10\ \text{m}^2$ par personne).

À LA CALCULATRICE

