

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2024

PHYSIQUE-CHIMIE

LUNDI 22 JANVIER 2024

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30** – COEFFICIENT : **16**

spécialité

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/10 à 10/10.

EXERCICES OBLIGATOIRES : EXERCICE 1 ET EXERCICE 2

EXERCICES AU CHOIX : EXERCICE 3 OU EXERCICE 4

Le candidat traitera donc 3 exercices au total

EXERCICE I – LE REFUGE DU GOÛTER, UN PROJET H.Q.E. (10 POINTS)

Un aventurier se rend au refuge du Goûter, situé à proximité du Mont Blanc à 3835 m d'altitude, est l'un des plus hauts refuges de montagne d'Europe. Sa construction répond à des normes Haute Qualité Environnementale (H.Q.E).

Cet aventurier cherche également à savoir combien de temps il pourrait résister au froid lorsque son corps est au contact de la glace.

La première partie de cet exercice porte sur les performances énergétiques du bâtiment et sur les choix des matériaux par les concepteurs du projet afin de rendre cet habitat « passif ».

La deuxième partie de cet exercice a pour objectif d'estimer le temps pendant lequel une personne peut rester dans de l'eau froide avant d'atteindre l'hypothermie.



Le refuge du Goûter, un des plus hauts chantiers d'Europe

D'architecture ovoïde, conçu pour s'intégrer sur le plan technique et esthétique aux contraintes d'un environnement difficile, le refuge du Goûter préfigure une nouvelle génération de bâtiments. Ce chantier est un véritable défi architectural et technique puisqu'il s'agit de construire un bâtiment avec une structure en bois, sur quatre étages, avec un revêtement extérieur en inox et d'utiliser efficacement les technologies innovantes.

Mais c'est aussi un défi humain pour les ouvriers qui travaillent sur ce chantier hors norme, situé à 3835 m avec des contraintes climatiques. Les rafales de vent peuvent dépasser 250 km.h^{-1} . Les températures peuvent chuter à -35°C en hiver et -10°C en plein été.

Tout a été mis en œuvre pour faire de ce chantier un projet bas carbone, « pilote » sur le plan environnemental :

- structure en bois local des Alpes françaises (épicéa, sapin blanc et mélèze), majoritairement issu des forêts de Saint- Gervais (vallée proche du site) ;
- modules bois fabriqués dans la vallée et transportés par hélicoptère. Toute la structure a été pensée comme un « jeu de construction » géant pouvant être assemblé rapidement sur site. La masse maximale des éléments héliportés sur site est de 550 kg. La fabrication en atelier est prévue pour réduire les temps de pose et faciliter la tâche aux ouvriers montant la structure ;
- recours aux énergies renouvelables (solaire, photovoltaïque, biomasse) et mise en place de technologies innovantes (gestion de l'électricité à distance, cogénération, fondoir à neige, traitement des eaux usées...).

Extrait du dossier de presse du site «le refuge du Goûter» juillet – Août 2012

1. Un modèle de fenêtre développé spécifiquement pour le refuge du Goûter

Pour répondre aux conditions climatiques extrêmes liées à cette altitude, un modèle de fenêtre très performant a été réalisé. Elle est constituée d'un triple vitrage et d'un survitrage spécifique. Pour l'isolation entre chaque vitre, l'argon a été choisi comme gaz plutôt que l'air, augmentant ainsi la résistance thermique de la fenêtre.

1.1. Les échanges thermiques s'effectuent selon trois modes. Associer, à chacune des définitions données ci-dessous, le nom du mode de transfert thermique correspondant :

- définition 1 : transfert d'énergie par ondes électromagnétiques, ne nécessitant pas de milieu matériel ;
- définition 2 : transfert d'énergie dans un milieu matériel, sans déplacement de matière, sous l'influence d'une différence de température ;
- définition 3 : transfert d'énergie associé à des mouvements de matière, généralement au sein d'un gaz ou d'un liquide.

1.2. Calculer, pour une surface de $1,0 \text{ m}^2$, la résistance thermique totale R_{th1} du triple vitrage d'une fenêtre du refuge, sachant que la résistance thermique totale du triple vitrage est la somme des résistances thermiques de chaque matériau constituant le triple vitrage.

1.3. Dans le cas d'un triple vitrage utilisant l'air, et pour une même surface de $1,0 \text{ m}^2$, la résistance thermique de la fenêtre vaut $R_{th2} = 1,1 \text{ K.W}^{-1}$. Évaluer alors la variation relative de la résistance thermique suite à la substitution de l'air par l'argon.

1.4. Augmenter l'épaisseur du verre aurait-il une grande influence sur les performances thermiques du vitrage ? Justifier votre réponse.

Informations sur les fenêtres du refuge



Fei
Photo site Internet :
<http://www.cpassifmenuiserie.fr/contact/>

Données :

| Matériau | Conductivité thermique λ ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$) |
|----------------|---|
| air | 0,026 |
| argon | 0,017 |
| verre de vitre | 1,2 |

Composition du triple vitrage :

- 2 lames d'argon de 14 mm d'épaisseur chacune ;
- 3 vitres de 4 mm d'épaisseur chacune.

Apport théorique

La résistance thermique R_{th} (en K.W^{-1}) d'une paroi a pour expression :
 λ conductivité thermique en $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$;

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda.S}$$

e : épaisseur de la paroi en m ;

S : surface de la paroi en m^2 .

Caractéristiques de quelques matériaux

| Matériau | Conductivité thermique λ ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$) | Masse volumique ρ ($\times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$) |
|------------------|---|---|
| acier inoxydable | 26 | 7,8 |
| béton plein | 1,8 | 2,3 |
| brique | 0,84 | 2,1 |
| Pierre | 3,5 | 2,7 |
| sapin/épicéa | 0,13 | 0,45 |
| polystyrène | 0,036 | 0,034 |
| laine de verre | 0,032 | 0,025 |
| fibre de bois | 0,038 | 0,2 |

2. Un modèle de fenêtre développé spécifiquement pour le refuge du Goûter

L'aventurier qui se trouve au refuge du Goûter, place tout son corps au contact de la glace : il résiste 1 heure 53 minutes et 2 secondes avant d'être pris en charge par les secours.

L'objectif de cette partie est d'estimer le temps pendant lequel une personne peut rester dans de l'eau froide avant d'atteindre l'hypothermie.

On considère une personne de masse $m = 75$ kg plongeant en maillot de bain dans une eau glacée où règne une température notée $\theta_{\text{eau}} = 2,8$ °C, considérée comme constante.

On supposera que la température de l'aventurier est uniforme, c'est-à-dire identique en tous points de son corps. Elle évolue au cours du temps et sera notée $\theta_{\text{int}}(t)$.

Le corps humain est naturellement réchauffé par de l'énergie produite par son métabolisme et représentée par un flux thermique constant de $1,0 \times 10^7$ J par jour.

Les échanges thermiques entre le plongeur et l'eau seront modélisés par des échanges de type conducto-convectifs décrits par la loi phénoménologique de Newton :

$$\Phi(t) = h \times S \times (\theta_{\text{eau}} - \theta_{\text{int}}(t))$$

avec $\Phi(t)$ en W : le flux thermique conducto-convectif

$S = 1,9$ m² : surface de contact du plongeur avec l'eau

$h = 100$ W·m⁻²·K⁻¹ : coefficient de transfert thermique

Données

- Capacité thermique massique du corps humain : $c = 3,5 \times 10^3$ J·kg⁻¹·K⁻¹.
- L'hypothermie est un phénomène au cours duquel une baisse anormale de la température d'un être vivant à sang chaud ne permet plus d'assurer correctement ses fonctions vitales. Pour l'être humain :
 - de 34 à 35 °C, l'hypothermie est modérée,
 - de 30 à 34 °C, l'hypothermie est moyenne,
 - en dessous de 30 °C, l'hypothermie est grave.

2.1. Montrer que la puissance dissipée par le métabolisme, à flux constant, est $P_{\text{th}} = 0,12$ kW environ.

2.2. Montrer que les échanges thermiques entre le plongeur et son environnement pendant une petite durée Δt est donnée par la relation : $Q = P_{\text{th}} \times \Delta t + \Phi(t) \times \Delta t$. Donner le signe de $\Phi(t)$.

2.3. En utilisant le premier principe de la thermodynamique et en considérant le plongeur comme un système fermé incompressible, déterminer la relation donnant la variation de l'énergie interne ΔU

du plongeur en fonction de sa masse m , de sa capacité thermique massique c et de la variation de sa température $\Delta\theta_{\text{int}}$.

2.4. Montrer, par le bilan d'énergie précédent, que la température, supposée uniforme, $\theta_{\text{int}}(t)$ du plongeur vérifie l'équation différentielle suivante :

$$\frac{d\theta_{\text{int}}(t)}{dt} + \frac{\theta_{\text{int}}(t)}{\tau} = \frac{\theta_{\text{eau}}}{\tau} + \frac{P_{\text{th}}}{m \times c} \quad \text{avec} \quad \tau = \frac{m \times c}{h \times S}$$

2.5. Montrer que la constante τ peut s'exprimer en secondes et déterminer sa valeur.

La solution de l'équation différentielle est :

$$\theta_{\text{int}}(t) = 33,6 \times e^{-\frac{t}{1,4 \times 10^3}} + 3,42 \quad \text{avec } t \text{ en s et } \theta_{\text{int}} \text{ en } ^\circ\text{C}.$$

2.6. Déterminer la durée maximale de plongée envisageable avant d'atteindre l'hypothermie grave.

2.7. Critiquer le modèle simplifié utilisé ici pour expliquer le temps établi par l'aventurier.

EXERCICE II – La batterie au lithium-fer-phosphate (5 points)

Mots-clés : quotient de réaction et sens d'évolution d'un système, réaction d'oxydo-réduction

Les batteries lithium-ion sont devenues une source d'électricité indispensable pour nos dispositifs électroniques portables et portatifs dont la taille ne cesse de se réduire. En outre, du fait de leurs avantages remarquables par rapport aux autres types de batteries, par exemple leur densité de stockage d'énergie supérieure, elles ont permis le développement d'un large éventail d'applications au-delà de leur cœur de cible technologique, notamment pour les véhicules hybrides et électriques.

<https://cordis.europa.eu/article/id/242819-improved-lithiumion-batteries-to-boost-electric-vehicles/fr>

Données :

- charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$;
- constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$;
- équivalence ampère-heure / coulomb : $1,0 \text{ Ah} = 3,6 \times 10^3 \text{ C}$;
- masses molaires : $M(\text{LiC}_6) = 78,9 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, $M(\text{FePO}_4) = 150,8 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

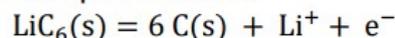
Caractéristiques de la batterie

L'électrode de phosphate de fer, FePO_4 , du compartiment 1 a une masse $m(\text{FePO}_4) = 4,7 \text{ kg}$ et lorsque la batterie est chargée, l'électrode du compartiment 2 est recouverte d'une matrice de carbone lithié de formule LiC_6 pesant $1,1 \text{ kg}$. Les électrodes plongent dans un électrolyte organique ionique contenant des ions lithium et les deux compartiments sont séparés par une membrane.

Pour démarrer, la voiture nécessite une charge électrique $q_D = 45 \text{ Ah}$.

Lors de la décharge de la batterie, les transformations chimiques en jeu sont modélisables par deux réactions électrochimiques aux électrodes dont les équations figurent ci-dessous.

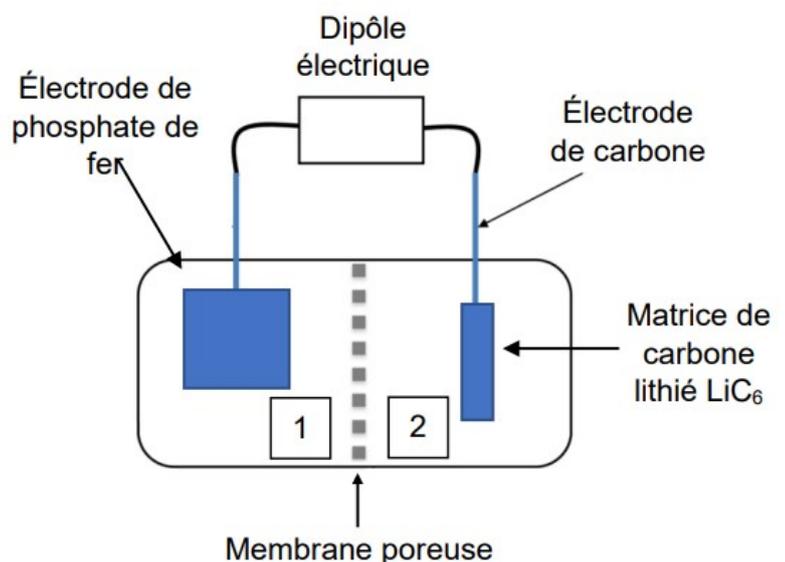
- Libération du lithium dans le compartiment 2 :



- Formation de phosphate de fer lithié de formule LiFePO_4 :



1. Identifier l'électrode où se produit une oxydation et celle où se produit une réduction. Justifier.
2. Reproduire le schéma de la pile, indiquer les polarités des électrodes et représenter les porteurs de charges et leur sens de circulation lorsque la pile débite.
3. Écrire l'équation de la réaction modélisant le fonctionnement de la pile.
4. La valeur de la constante d'équilibre de la réaction de fonctionnement de la pile à 25°C vaut $K = 10^{54}$. Conclure quant à la transformation chimique mise en jeu dans la pile.
5. Montrer que la valeur de l'avancement final de la transformation est $x_{\text{max}} = 14 \text{ mol}$. Indiquer ce qu'il se passe lorsque cette valeur est atteinte lors du fonctionnement de la batterie ?
6. Déterminer la valeur de la capacité électrique maximale q_{max} de cette batterie.
7. Indiquer si la batterie permet le démarrage du véhicule.



EXERCICE III – Besoin en magnésium (5 POINTS)

Mots-clés : titrage avec suivi colorimétrique, exploitation de mesures

Le magnésium est un oligoélément indispensable à notre organisme. Il intervient dans le bon fonctionnement des systèmes musculaires et nerveux, la santé osseuse et la synthèse des protéines et de l'ADN. L'organisme humain ne peut pas produire ses propres réserves de magnésium aussi faut-il lui en apporter par le biais de l'alimentation.

En France, pour un adulte, l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail (ANSES) a conseillé un apport en magnésium de 6 mg/jour/kg.

Les cartouches « Edition Mg^{2+} » disponibles pour des carafes filtrantes permettraient de faire consommer une eau enrichie en magnésium.

Dans une cartouche filtrante « Edition Mg^{2+} », l'eau passe notamment par une résine échangeuse d'ions qui va éliminer le tartre et les métaux lourds ; les ions calcium présents dans l'eau sont alors remplacés par des ions magnésium [...]

D'après <https://www.bwt.com/fr-fr/>

Le but de cet exercice est de vérifier l'efficacité de ces cartouches filtrantes relative au remplacement des ions calcium par des ions magnésium.

Données

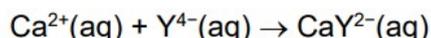
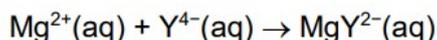
- Masses molaires : $M(Mg) = 24,3 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ $M(Ca) = 40,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

- Méthode de détermination de la concentration totale en ions magnésium et calcium.

La concentration totale en ions magnésium et en ions calcium d'une eau peut être déterminée grâce à un titrage par l'EDTA (acide éthylènediaminetétraacétique) en présence d'un indicateur coloré de fin de réaction et d'une solution tampon permettant de maintenir le pH de la solution entre 9 et 10.

La concentration de la solution d'EDTA utilisée est $c = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

En milieu basique, l'EDTA contient des ions Y^{4-} (ions éthylènediaminetétraacétate) qui réagissent avec les ions magnésium (Mg^{2+}) et avec les ions calcium (Ca^{2+}). Ces transformations chimiques sont modélisables par deux réactions représentées par les équations suivantes :

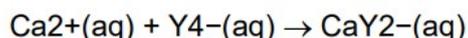


- Méthode de détermination de la concentration en ions calcium

La concentration en ions calcium d'une eau est déterminée grâce à un titrage par l'EDTA, à un pH supérieur à 12, en présence d'un indicateur coloré de fin de réaction. Dans ce domaine de pH , les ions magnésium forment un précipité.

La concentration de la solution d'EDTA utilisée est $c = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

La réaction, support du titrage, modélisant la transformation s'écrit :



Sur de l'eau obtenue après filtration avec une carafe munie de la cartouche « édition Mg^{2+} », on réalise les deux titrages décrits pour déterminer les concentrations des ions magnésium et calcium d'une part et les ions calcium seuls d'autre part.

Les deux titrages sont réalisés sur un volume $V = 100,0$ mL d'eau filtrée.

Les résultats obtenus sont les suivants :

| Volumes d'EDTA versés | Eau filtrée |
|---|-------------|
| Volume V_E (en mL) d'EDTA versé pour atteindre l'équivalence lors du titrage des ions calcium | 8,8 |
| Volume V_E (en mL) d'EDTA versé pour atteindre l'équivalence lors du titrage des ions magnésium et des ions calcium | 10,8 |

1. Réaliser le schéma légendé du montage permettant de réaliser le titrage des ions calcium présents dans une eau.
2. Pourquoi le titrage des ions calcium seuls est-il réalisé à un pH supérieur à 12 ?
3. Déterminer la concentration en quantité de matière en ions calcium de l'eau filtrée.
4. Montrer que la concentration en quantité de matière en ions magnésium est égale à $0,20 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$.

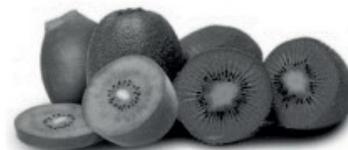
Un technicien de laboratoire procède à l'analyse de l'eau du robinet non filtrée et fournit les résultats suivants :

| Concentrations en quantité de matière | Eau non filtrée |
|--|--------------------------------------|
| Concentration en quantité de matière des ions calcium | $2,2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ |
| Concentration en quantité de matière des ions calcium et magnésium | $2,3 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ |

5. Les résultats obtenus sont-ils en accord avec les propriétés annoncées pour la carafe filtrante munie de la cartouche « Edition Mg^{2+} » ?
6. Un adulte de masse 70 kg peut-il couvrir ses besoins journaliers en magnésium en consommant uniquement de l'eau filtrée ?

EXERCICE IV – Etude de la vitamine C contenue dans les kiwis (5 POINTS)

L'acide ascorbique, couramment appelé vitamine C, intervient dans de nombreux processus métaboliques dans le corps humain. Comme l'organisme ne peut ni la synthétiser ni la stocker, les apports en vitamine C doivent se faire par l'alimentation.

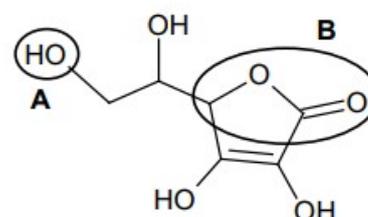


Les kiwis jaunes et les kiwis verts font partie des fruits les plus riches en acide ascorbique. L'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation recommande un apport minimum en vitamine C de 110 mg par jour pour un adulte.

L'objectif de cet exercice est d'étudier les propriétés de l'acide ascorbique et de déterminer la quantité de kiwis nécessaire aux besoins journaliers d'un adulte en vitamine C.

Données :

- formule brute de l'acide ascorbique : $C_6H_8O_6$;
- formule topologique de l'acide ascorbique (ci-contre) ;
- masse molaire de l'acide ascorbique : $M = 176 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- couple acide-base associé à l'acide ascorbique :
 $C_6H_8O_6(\text{aq}) / C_6H_7O_6^-(\text{aq})$;
- concentration standard : $c^\circ = 1,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$;

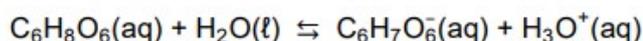


➤ données de spectroscopie infrarouge :

Pour étudier les propriétés acidobasiques de la vitamine C, on dissout 1,0 g d'acide ascorbique commercial dans une fiole jaugée de 50 mL puis on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée. La mesure du pH de la solution donne $\text{pH} = 2,6$.

Q3. Déterminer la quantité de matière initiale n_0 d'acide ascorbique introduite dans la fiole jaugée.

La transformation entre l'acide ascorbique et l'eau est modélisée par la réaction d'équation :



Q4. Donner la définition d'un acide faible.

Q5. Montrer que l'acide ascorbique est un acide faible dans l'eau.

Q6. Donner l'expression de la constante d'acidité K_A du couple associé à l'acide ascorbique en fonction des concentrations $[C_6H_8O_6]$, $[C_6H_7O_6^-]$, $[H_3O^+]$ à l'équilibre et de la concentration standard c° puis montrer que la valeur du $\text{p}K_A$ est proche de 4,2.

Q7. Déterminer l'espèce acide-base prédominante associée à l'acide ascorbique présente dans le jus d'un kiwi jaune.

La quantité d'acide ascorbique présent dans un kiwi jaune est déterminée à l'aide d'un dosage par excès. Le principe de ce dosage est le suivant :

- on met le jus de kiwi en présence d'une quantité connue de diiode I_2 . Seul l'acide ascorbique réagit avec le diiode, introduit en excès ;
- on détermine ensuite par titrage la quantité de diiode restant ;
- on en déduit alors la quantité d'acide ascorbique dans le kiwi jaune.

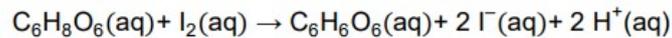
Protocole du dosage

- Étape 1 : réaction de l'acide ascorbique avec le diiode

Introduire la totalité du jus d'un kiwi jaune mixé dans une fiole jaugée de 250 mL, puis compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. On appelle S la solution ainsi obtenue.

Introduire dans un erlenmeyer un volume $V = 50,0$ mL de la solution S, ainsi qu'un volume $V_1 = 20,0$ mL d'une solution aqueuse de diiode I_2 à la concentration $C_1 = 2,9 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Cette transformation peut être modélisée par la réaction d'équation suivante :

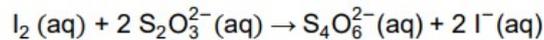


- Étape 2 : titrage du diiode restant par les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}$

Titre le contenu de l'erlenmeyer préparé lors de l'étape 1 par une solution aqueuse de thiosulfate de sodium de concentration $C_2 = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, en présence d'un indicateur coloré spécifique au diiode.

On obtient un volume à l'équivalence $V_2 = 16,5$ mL.

La transformation mise en jeu lors du titrage peut être modélisée par la réaction d'équation suivante :



Q8. En exploitant le résultat du titrage, montrer que la quantité de matière de diiode dosé lors de l'étape 2 est égale à $4,13 \times 10^{-4}$ mol.

Q9. Après avoir calculé la masse d'acide ascorbique contenue dans un kiwi jaune, déterminer combien il faudrait en manger pour satisfaire les besoins journaliers en acide ascorbique d'un adulte.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et doit être correctement présentée.

Le même dosage est réalisé avec un kiwi vert de même masse. On obtient un nouveau volume à l'équivalence pour le titrage du diiode restant $V_2 = 19,7$ mL.

Q10. Expliquer sans calcul si le kiwi vert contient plus ou moins d'acide ascorbique que le kiwi jaune.

CORRECTION EPREUVE DE SPECIALITE

Exercice 1 (10/11)

1.1. Def 1 = Rayonnement
 Def 2 = Conduction
 Def 3 = Convection

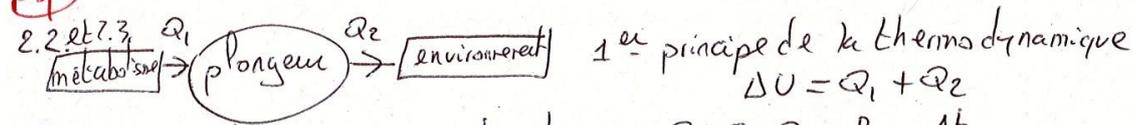
1.2. $R_{th} = 3 R_v + 2 R_a = 3 \cdot \frac{e_{verre}}{\lambda_{verre} \cdot S} + 2 \cdot \frac{e_{argon}}{\lambda_{argon} \cdot S}$

(1) $R_{th} = 3 \times \frac{4,0 \cdot 10^{-3}}{1,2 \times 1,0} + 2 \times \frac{14 \cdot 10^{-3}}{0,017 \times 1,0} = \underline{1,7 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}}$

1.3. $\frac{\Delta R_{th}}{R_{th2}} = \frac{R_{th1} - R_{th2}}{R_{th2}} = \frac{1,7 - 1,1}{1,1} = \underline{51\%}$ La substitution permet une augmentation notable de R_{th}

1.4. $\lambda_{verre} \gg \lambda_{argon}$ La résistance thermique du verre est négligeable
 $R_{verre} \ll R_{argon}$ il faudrait augmenter l'épaisseur du verre d'un facteur 100 pour obtenir une R_{th} équivalente à celle de l'Argon. Ceci n'est pas réalisable.

2.1. $\Phi = \frac{E}{\Delta t} = \frac{1,0 \cdot 10^7 \text{ J}}{24 \times 3600} = 1,2 \cdot 10^2 \text{ W} = \underline{0,12 \text{ kW}}$



(2) Q_1 : chaleur reçue par le plongeur $Q_1 > 0$ $Q_1 = P_{th} \cdot \Delta t$
 Q_2 : chaleur perdue par le plongeur $Q_2 < 0$ $Q_2 = \Phi \cdot \Delta t$ $\Phi < 0$

2.4. soit $\begin{cases} \Delta U = Q_1 + Q_2 & (1) \\ \Delta U = m \cdot c \cdot \Delta \theta_{int} & (2) \end{cases}$

(1) = (2) $\Rightarrow P_{th} \cdot \Delta t + \Phi \cdot \Delta t = m \cdot c \cdot \Delta \theta_{int}$ avec $\Phi = hS(\theta_{eau} - \theta_{int})$

(1) $P_{th} + hS\theta_{eau} - hS\theta_{int} = mc \frac{\Delta \theta_{int}}{\Delta t}$

(1) $\frac{\Delta \theta_{int}}{\Delta t} + \frac{hS}{mc} \theta_{int} = \frac{\theta_{eau} \cdot hS}{mc} + \frac{P_{th}}{mc}$

soit $\frac{d\theta_{int}}{dt} + \frac{\theta_{int}}{\tau} = \frac{\theta_{eau}}{\tau} + \frac{P_{th}}{mc}$ pour une variation infinitésimale

2.5. $\tau = \frac{m \cdot c}{hS}$ $\frac{d\theta_{int}}{dt}$ a même unité que $\frac{\theta_{eau}}{\tau}$ d'après l'équation précédente
 dt et τ ont donc même unité de temps, la seconde.

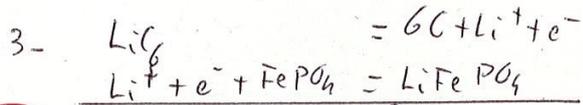
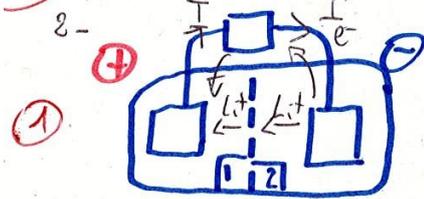
2.6. hypothermie si $\theta_{int} = 30^\circ \text{C}$
 or $\theta_{int} = 33,6 e^{-t/1,4 \cdot 10^3} + 3,42 \Rightarrow t = 1,4 \cdot 10^3 \ln \left(\frac{33,6}{30 - 3,42} \right)$

(15) $t = \underline{328 \text{ s}} = \underline{5 \text{ min } 28 \text{ s}}$

Le modèle ne semble pas pertinent au regard du temps de résistance réelle au froid 1h 53 min

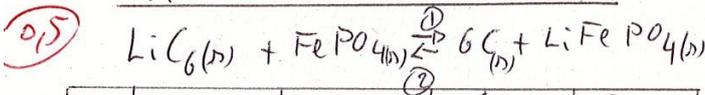
Exercice II (15 pts)

1. L'oxydation est une production de e^- : c'est le compartiment 2, c'est le pôle \ominus de la pile
 La réduction est donc lieu au compartiment 1 (pôle \oplus) (l'anode)



4- $K = 10^{54}$

0,5 $Q_{r,ii} = 1 \ll K$ sens 1 est le sens spontané d'évolution.



| | | | | |
|--------|------------------------|------------------------|-------------------|------------------|
| 5- E.I | n_1 | n_2 | \emptyset | \emptyset |
| E.F. | $n_1 - x_{\text{max}}$ | $n_2 - x_{\text{max}}$ | $6x_{\text{max}}$ | x_{max} |

1 Le réactif limitant est: LiC_6 car:

$$x_{\text{max}} = \frac{14 \cdot 10^3}{78,9} = \frac{14 \cdot 10^3}{78,9} = \frac{m_1}{M_1} = \frac{n_1}{1} < \frac{n_2}{1} = \frac{4,7 \cdot 10^3}{150,8} = 3,1 \cdot 10^1 \text{ mol}$$

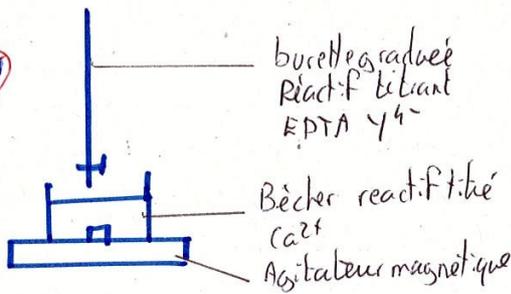
6- $q_{\text{max}} = n(e^-) \times \alpha \times e$ or $n(e^-) = x_{\text{max}}$

1 $q_{\text{max}} = 14 \times 6,02 \cdot 10^{23} \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 1,3 \cdot 10^6 \text{ C} = \frac{1,3 \cdot 10^6 \text{ C} \times 1 \text{ pA} \cdot \text{h}}{36 \cdot 10^3 \text{ C}} = 3,7 \cdot 10^2 \text{ Ah}$

0,5 7- $q_{\text{max}} \gg q_D$ donc la batterie ~~ne~~ permet ~~pas~~ de démarrer la voiture

Exercice III 5pts

1- 1,0



2- 0,5 $pH > 12$ l'EDTA ne réagit qu'avec Ca^{2+} contrairement à un pH inférieur à 12

3- $Ca^{2+} + Y^{4-} \rightarrow CaY^{2-}$
 ① A l'équivalence, les réactifs sont dans les proportions stoechiométriques:

$$\frac{n(Ca^{2+})}{1} = \frac{n(Y^{4-})}{1}$$

$$[Ca^{2+}] \times V = C \cdot V_{E1}$$

$$[Ca^{2+}] = \frac{C \cdot V_{E1}}{V} = \frac{1,0 \cdot 10^{-2} \times 8,8 \text{ mL}}{100,0 \text{ mL}} = \underline{8,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1}}$$

4- $V_{E1} = 8,8 \text{ mL}$ \rightarrow $V_{E2} - V_{E1} = 2,0 \text{ mL}$ est le volume nécessaire d'EDTA pour doser Mg^{2+}
 ① $V_{E2} = 10,8 \text{ mL}$

$$\frac{n(Mg^{2+})}{1} = \frac{n(Y^{4-})_2}{1} \Rightarrow [Mg^{2+}] = \frac{C(V_{E2} - V_{E1})}{V} = \frac{1,0 \cdot 10^{-2} \times 2,0 \text{ mL}}{100 \text{ mL}}$$

$$[Mg^{2+}] = 0,20 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$$

| 5- | Eau non traitée | Eau traitée |
|-----------|---|----------------------------------|
| Ca^{2+} | $2,2 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$ | $0,88 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$ |
| Mg^{2+} | $2,3 \text{ mmol} \cdot L^{-1} - 2,2 = 0,1 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$ | $0,20 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$ |

0,5

La cartouche doit diminuer la teneur en Ca^{2+} ce qui est le cas

La cartouche doit augmenter la teneur en Mg^{2+} ce qui est le cas
 C'est donc efficace

6- $[Mg^{2+}] = 0,20 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$

① Apport nécessaire: 6 mg/jour/kg
 pour 70 kg : $6 \times 70 = 420 \text{ mg/jour}$
 Calculons le volume d'eau à boire

$$V = \frac{n(Mg^{2+})}{[Mg^{2+}]} = \frac{m(Mg^{2+})}{M(Mg^{2+})[Mg^{2+}]} = \frac{420 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{24,3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 0,20 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}} = \underline{86 \text{ L}}$$

Ce n'est pas raisonnable de boire 86 L par jour, il ne pourra pas couvrir ses besoins

Exercice IV

Q3. $n_0 = \frac{m_0}{M_0} = \frac{1,0}{176} = 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$

Q4. Un acide faible est une espèce chimique susceptible de libérer un proton qui réagit partiellement avec l'eau

Q5. $C_0 = \frac{n_0}{V} = \frac{5,7 \cdot 10^{-3}}{50 \cdot 10^{-3}} = 1,1 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$

① $-\log C_0 = 0,9$ donc $\text{pH} \neq -\log C_0$ (relation caractéristique d'un acide fort)

l'acide ascorbique est bien un acide faible

Q6. $K_a = \frac{[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]}$

$\left\{ \begin{aligned} [\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-] &= [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,6} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \\ [\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-] &= C_0 - [\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-] = 0,11 - 2,5 \cdot 10^{-3} \\ [\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-] &= 1,07 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1} \end{aligned} \right.$

$K_a = \frac{(10^{-2,6})^2}{0,11 - 10^{-2,6}} = 5,6 \cdot 10^{-5}$ et $\text{p}K_a = -\log K_a = 4,2$

prendre les valeurs exactes Q7. $\text{pH} = 2,6 < \text{p}K_a = 4,2$ $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ (l'acide) prédomine

Q8. A l'équivalence: $\frac{n(\text{I}_2 \text{ restant})}{1} = \frac{n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})}{2}$

$n(\text{I}_2 \text{ restant}) = \frac{C_2 V_2}{2}$

$n(\text{I}_2 \text{ restant}) = \frac{5,00 \cdot 10^{-2} \times 16,5 \cdot 10^{-3}}{2} = 4,125 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

Q9. Quantité de matière de I_2 ayant réagi avec l'acide ascorbique

$n(\text{I}_2) = C_1 V_1 - n(\text{I}_2 \text{ restant})$

$n(\text{I}_2) = 2,9 \cdot 10^{-2} \times 20,0 \cdot 10^{-3} - 4,125 \cdot 10^{-4}$

$n(\text{I}_2) = 1,675 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

D'après l'équation (1) $\frac{n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6)}{1} = \frac{n(\text{I}_2)}{1}$

on en déduit la quantité de matière, puis la masse d'acide ascorbique contenu dans un kiwi

$n(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = 1,675 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \times 5$

$m(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) = n \times M = 5 \times 1,675 \cdot 10^{-4} \times 176 = 1,5 \cdot 10^{-1} \text{ g}$ (2cs à la fin)

il faut donc 1 kiwi par jour.

Q10. Kiwi vert $V_{E2} > V_2$ donc $n(\text{I}_2 \text{ restant})$ est plus importante. $n(\text{I}_2)$ est plus petite ($C_1 V_1 - \frac{C_2 V_2}{2}$)

① Le kiwi vert contient moins d'acide ascorbique que le kiwi jeune