

EXERCICE 1 commun à tous les candidats (4 points)
(physique-chimie et mathématiques).

Modèle de la vitesse de refroidissement d'un lait écrémé

1. Citer les trois modes de transferts thermiques.

Les trois modes de transferts thermiques sont : le rayonnement, la conduction et la convection.

2. Préciser, en le justifiant, le sens du transfert thermique entre la masse de lait et l'air de la pièce.

Le transfert se produit du corps chaud vers le corps plus froid, donc ici de la masse de lait vers l'air de la pièce.

3. Calculer, d'après les résultats expérimentaux, la valeur du transfert thermique Q entre la masse de lait et l'air de la pièce entre les dates $t = 1 \text{ min}$ et $t = 2 \text{ min}$. Sans calcul, préciser si la valeur du transfert thermique est plus petite ou plus grande que Q entre les dates $t = 6 \text{ min}$ et $t = 7 \text{ min}$.

$$Q = m \times c_{lait} \times \Delta T = m \times c_{lait} \times (T_{2 \text{ min}} - T_{1 \text{ min}})$$

$$0.150 \times 4 \times (60.2 - 61.7) = -0.9$$

$$Q = 0,150 \text{ kg} \times 4,0 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (60,2 - 61,7) \text{ K} = -0,90 \text{ kJ}$$

L'écart de température entre 6 et 7 minutes est plus faible qu'entre 1 et 2 minutes, la valeur est donc plus faible.

La température du lait, exprimée en degré Celsius, en fonction du temps t , exprimé en minute, est modélisée par la fonction T définie sur $[0 ; +\infty[$ par :

$$T(t) = 37 \times e^{-\frac{20t}{459}} + 26,4.$$

4. Calculer $T(0)$ et interpréter ce résultat dans le contexte de l'exercice.

$$T(0) = 37 \times e^{-\frac{20 \times 0}{459}} + 26,4 = 37 \times e^0 + 26,4 = 37 \times 1 + 26,4 = 63,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

On retrouve la valeur à $t = 0 \text{ min}$ donnée dans le tableau de mesures.

5. Déterminer $\lim_{t \rightarrow +\infty} T(t)$.

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} T(t) = \lim_{t \rightarrow +\infty} (37 \times e^{-\frac{20t}{459}} + 26,4) = 26,4 \text{ K} \text{ car } \lim_{t \rightarrow +\infty} e^{-\frac{20t}{459}} = 0$$

Selon ce modèle, quelle est la température de l'air de la pièce ? Justifier.

D'après ce modèle, la température de la pièce est de $26,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, car la température du lait décroît jusqu'à atteindre la température ambiante.

6. Selon ce modèle, au bout de combien de temps la température du lait vaut-elle 40°C ? Donner le résultat en minute et seconde.

$$T(t) = 37 \times e^{-\frac{20t}{459}} + 26,4, \text{ donc } e^{-\frac{20t}{459}} = \frac{T(t)-26,4}{37}$$

$$\text{Soit } -\frac{20t}{459} = \ln \left(\frac{T(t)-26,4}{37} \right) \quad \text{finalement : } t = \frac{-459}{20} \ln \left(\frac{T(t)-26,4}{37} \right)$$

Pour atteindre 40°C, il faut donc :

$$t = \frac{-459}{20} \ln \left(\frac{40-26,4}{37} \right) = 22,97 \text{ min}$$

22 min et 58 s

20	***	37	22.96946435
Ans-22			0.9694643518
Ans×60			58.16786111

EXERCICE 2 commun à tous les candidats (6 points)

(physique-chimie)

1. Les cordes de guitare

- 1.1. À partir des deux demi-équations proposées, écrire l'équation de la réaction d'oxydoréduction qui modélise la transformation chimique subie par le fer contenu dans les cordes.



- 1.2. Montrer qu'il est justifié de considérer que le fer subit une oxydation dans cette transformation chimique.

On peut voir que le fer perd des électrons, ce qui correspond à une réaction d'oxydation.

Afin de limiter cette oxydation, une des méthodes actuelles consiste à recouvrir la corde avec un enduit transparent très fin qui sert de revêtement à la corde.

- 1.3. Indiquer la propriété que doit posséder l'enduit pour éviter efficacement le phénomène d'oxydation.

Pour s'oxyder, le fer réagit avec le dioxygène de l'air. Pour éviter cette oxydation, il faut que l'enduit soit étanche à l'air.

- 1.4. À partir du spectre obtenu pour la corde neuve, déterminer, en justifiant la fréquence fondamentale de la note jouée.

Le fondamental correspond au premier pic du spectre. Sur le spectre, on peut estimer qu'il est situé à environ 200 Hz.

- 1.5. Indiquer la note jouée par la guitare.

D'après le tableau, la fréquence la plus proche est de 196 Hz, c'est-à-dire un Sol2/

- 1.6. Indiquer, en justifiant, si le son produit par la corde neuve a la même hauteur que celui produit par la corde oxydée.

Le pic du fondamental n'a pas changé de fréquence, il est toujours à environ 200 Hz : le son produit par la corde neuve a donc la même hauteur que celui produit par la corde oxydée.

- 1.7. Préciser, en justifiant, quelle caractéristique du son produit par la guitare est modifiée selon que l'on utilise des cordes neuves ou oxydées.

Entre les deux spectres, on peut voir que les pics se sont élargis et que les amplitudes de certaines harmoniques ont changé. Le son n'aura pas le même timbre.

2. Le câble reliant la guitare à l'amplificateur

- 2.1. Montrer qu'une valeur d'affaiblissement positif correspond à une atténuation du signal lors du passage dans le câble.

On a : $\frac{U_e}{U_s} = 10^{\frac{R}{20}}$

Si R est positif, alors $10^{\frac{R}{20}}$ est supérieur à 1, donc $\frac{U_e}{U_s} > 1$.

On a donc : $U_e > U_s$, ce qui correspond bien à une atténuation du signal.

- 2.2. En considérant une tension d'entrée d'amplitude $U_e = 20,0$ mV, déterminer la tension de sortie dans les conditions de l'expérience, pour une valeur de l'affaiblissement $R = 0,09$. Commenter le résultat.

On a : $\frac{U_e}{U_s} = 10^{\frac{R}{20}}$, donc $U_s = \frac{U_e}{10^{\frac{R}{20}}} = \frac{20,0}{10^{\frac{0,09}{20}}} = 19,8$ mV

Avec un tel affaiblissement, la valeur de l'amplitude est peu diminuée par le câble.

$$\frac{20}{10^{\frac{0,09}{20}}} = 19,79383728$$

19.79383728

- 2.3. Exploiter la courbe ci-dessus pour déterminer si les propriétés électriques du câble seul peuvent expliquer une modification du timbre du son obtenu. Justifier la réponse.

D'après la courbe la valeur de R est la même pour toutes les fréquences entre 500 et 10000 Hz. Toutes les harmoniques sont atténuées de la même façon. On ne peut donc pas expliquer la modification du timbre par les propriétés électriques du câble.

- 2.4. En ne considérant que les fréquences pour lesquelles l'affaiblissement R a une valeur positive, indiquer si l'allure de ces graphiques est compatible avec les problèmes évoqués par les musiciens lors de l'utilisation d'un long câble.

On peut voir que l'affaiblissement avec un câble court devient positif à partir de 7500 Hz, et même à partir de 4 000 Hz avec un câble de 10 m.

Les hautes fréquences sont donc bien atténuées lorsqu'un câble est branché à la guitare, ce qui est compatible avec les problèmes évoqués par les musiciens lors de l'utilisation d'un long câble.

EXERCICE 4 au choix du candidat (6 points)

(physique-chimie)

EXERCICE 4 – A : Produit détachant et lessive

Mots clés : réaction acido-basique, réactions d'oxydo-réduction, ondes électromagnétiques.

1. Composition de la lessive

- 1.1. Lors d'un cycle de lavage, une masse de 50 g de lessive est introduite dans le tambour où se trouve un volume d'eau égal à 20 L.

Calculer la concentration molaire en ions carbonate résultant de la dissolution totale de la lessive dans l'eau contenue dans le tambour de la machine à laver.

On calcule la masse molaire du carbonate de calcium :

$$40+12+3\times 16$$

100

$$M = M(Ca) + M(C) + 3 \times M(O) = 40 + 12 + 3 \times 16 = 100 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

La lessive contient 30 % de carbonate de calcium, donc, quand on utilise 50 g de lessive, on a une masse $m = \frac{30}{100} \times 50 = 15 \text{ g}$ de carbonate de calcium.

$$\frac{30}{100} \times 50$$

15

$$\text{Ce qui correspond à une quantité } n = \frac{m}{M} = \frac{15 \text{ g}}{100 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0,15 \text{ mol.}$$

D'après l'équation de dissolution, 1 mol de CaCO_3 libère 1 mol d'ions CO_3^{2-} .

Donc la concentration demandée est donc :

$$0,15 \div 20$$

7.5E-03

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{n}{V} = \frac{0,15 \text{ mol}}{20 \text{ L}} = 7,5 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

- 1.2. Écrire l'équation-bilan de la réaction de l'ion carbonate $\text{CO}_3^{2-}_{(\text{aq})}$ sur l'eau $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$. En déduire l'influence de la présence d'ions carbonate sur le pH de l'eau de lavage.

L'ion carbonate $\text{CO}_3^{2-}_{(\text{aq})}$, appartient au couple acido-basique $\text{HCO}_3^{-}_{(\text{aq})}/\text{CO}_3^{2-}_{(\text{aq})}$. L'eau intervient alors dans le couple acido-basique $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}/\text{HO}^{-}_{(\text{aq})}$.

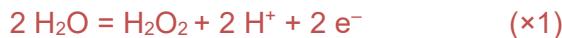
Donc : $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}_3^{-} + \text{HO}^{-}$.

La dissolution d'ions CO_3^{2-} provoque l'apparition d'ions hydroxyde HO^{-} , ce qui augmente le pH de l'eau.

2. Agents de blanchiment

- 2.1. Écrire l'équation de la réaction qui modélise l'action du perborate de sodium sur l'eau, conduisant à la formation du peroxyde d'hydrogène.

D'après les couples d'oxydoréduction mis en jeu : $\text{NaBO}_3_{(\text{aq})}/\text{NaBO}_2_{(\text{aq})}$ et $\text{H}_2\text{O}_2_{(\text{aq})}/\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ on a les demi-équations suivantes :



Donc l'équation demandée est : $\text{NaBO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaBO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2$

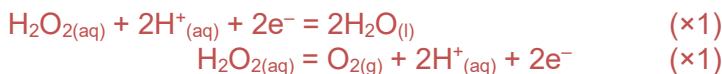
- 2.2. Préciser si, dans la demi-équation (1), le peroxyde d'hydrogène $H_2O_{2(aq)}$ est l'oxydant ou le réducteur. Justifier.

La demi-équation (1) est une équation de gain d'électron, c'est donc une réduction. H_2O_2 est donc un oxydant (qui est réduit en H_2O).

- 2.3. Préciser le couple oxydant/réducteur mis en jeu dans la demi-équation (2).

Dans cette demi-équation, le couple est O_2 / H_2O_2 .

- 2.4. Écrire l'équation de la réaction qui modélise l'action du peroxyde d'hydrogène sur lui-même à partir des demi-équations (1) et (2). Identifier les produits de la réaction.



Soit : $2 H_2O_{2(aq)} = 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$

Les produits sont : l'eau et le dioxygène.

3. 3. Azurants optiques

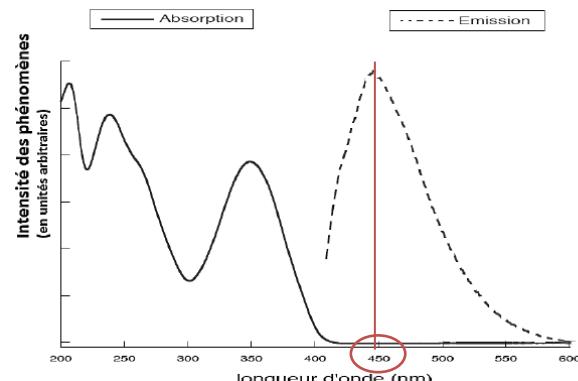
- 3.1. Préciser les longueurs d'ondes qui délimitent le domaine électromagnétique visible. Indiquer où se situe le domaine des longueurs d'ondes des rayonnements ultraviolets par rapport à celui du domaine visible.

Le domaine électromagnétique visible comprend les longueurs d'ondes comprises entre environ 400 nm et 800 nm.

Le domaine des longueurs d'ondes des rayonnements ultraviolets est situé en dessous de 400 nm.

- 3.2. Déterminer, à l'aide des spectres suivants, la valeur de la longueur d'onde correspondant au maximum d'émission de l'azurant optique.

La valeur de la longueur d'onde correspondant au maximum d'émission de l'azurant optique est d'environ 450 nm.



- 3.3. Identifier le pictogramme de danger des azurants optiques en indiquant son code.

D'après le texte : « Les agents azurants sont peu ou pas toxiques. Ils sont difficilement biodégradables et leur potentiel de bioaccumulation est considéré comme étant négligeable. En raison de leur utilisation majeure dans les détergents, leur principal impact écotoxicologique devrait se situer au niveau des espèces aquatiques. »

Ils comportent donc le pictogramme n°9 :



EXERCICE 4 au choix du candidat (6 points)

(physique-chimie)

EXERCICE 4 – B : Dormir en refuge, un mode d'hébergement écologique ?

Mots clés : énergie électrique, combustion, groupes caractéristiques.

1. Étude des panneaux photovoltaïques

- 1.1. Donner l'expression de la fréquence f d'un photon susceptible de provoquer une variation d'énergie ΔE .

Calculer alors la longueur d'onde d'un photon qui fournit, par absorption, une énergie ΔE égale à la valeur du gap de silicium (1,1 eV) et préciser si cette radiation se situe dans le domaine visible.

$$\Delta E = h \times f \text{ et } c = \lambda \times f \text{ donc : } f = \frac{\Delta E}{h} = \frac{c}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{h \times c}{\Delta E} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{1,1 \times 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}}$$

$$\frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1,1 \times 1,60 \times 10^{-19}} = 1,130113636 \times 10^{-6}$$

$$\text{Donc : } \lambda = 1,13 \times 10^{-6} \text{ m} = 1,13 \text{ } \mu\text{m}$$

Cette valeur est supérieure à 800 nm, elle ne se situe pas dans le domaine du visible, mais dans le domaine infra-rouge.

1.2. L'installation du refuge de Bostan

- 1.2.1. À l'aide des caractéristiques physiques des panneaux, données en début d'exercice, montrer que la valeur de la puissance électrique maximale d'un panneau solaire est de 250 W pour un ensoleillement de 1000 W·m⁻².

On a $P = U \times I$, avec $U = 30,7 \text{ V}$ et $I = 8,15 \text{ A}$.

$$\text{Donc } P = 30,7 \times 8,15 = 250 \text{ W}$$

$$\boxed{30,7 \times 8,15} \quad \boxed{250,205}$$

- 1.2.2. Calculer la valeur du rendement énergétique d'un tel panneau solaire.

La surface du panneau est $S = L \times l$

$$S = 1,677 \text{ m} \times 0,990 \text{ m} = 1,66 \text{ m}^2.$$

$$\boxed{1,677 \times 0,99} \quad \boxed{1,66023}$$

Avec un éclairement de 1000 W·m⁻², le panneau reçoit une puissance rayonnante :

$$P_{\text{reçue}} = 1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \times 1,66 \text{ m}^2 = 1660 \text{ W}.$$

$$\text{Le rendement est donc } \eta = \frac{P_{\text{élec}}}{P_{\text{reçue}}} = \frac{250 \text{ W}}{1660 \text{ W}} = 0,151$$

Soit 15,1 %

$$\boxed{\frac{250}{1660}} \quad \boxed{0,1506024096}$$

- 1.2.3. Évaluer l'énergie électrique en kWh que l'on peut récupérer par une belle journée d'été (pour un ensoleillement de 1000 W·m⁻²) en prenant en compte les durées de fonctionnement respectives de chacune des deux installations Sud-Est et Ouest.

Il y a :

- 8 panneaux au sud est qui fonctionnent de 8h à 15h (donc pendant 7h) qui peuvent donc fournir une énergie :

$$E_1 = 8 \times P \times \Delta t = 8 \times 250 \text{ W} \times 7 \text{ h} = 14000 \text{ Wh}$$

- 4 panneaux à l'ouest qui fonctionnent de 12h à 18h (pendant 6h) qui peuvent donc fournir une énergie :

$$E_2 = 4 \times P \times \Delta t = 4 \times 250 \text{ W} \times 6 \text{ h} = 6000 \text{ Wh}$$

8×250×7	14000
4×250×6	6000
14000+6000	20000

Ce qui fait une énergie électrique totale $E = E_1 + E_2 = 14000 + 6000 = 20000 \text{ Wh}$

$$E = 20 \text{ kWh.}$$

- 1.2.4.** À partir des informations suivantes, discuter de la nécessité de la présence d'un poêle à bois pour le chauffage.

C'est un refuge important (70 personnes), la consommation journalière est comprise entre 5 et 15 kWh, mais elle ne prend pas en compte le chauffage.

L'énergie électrique calculée est donc a priori suffisante (20 kWh), mais ce calcul est fait dans des conditions d'éclairage optimale, que l'on n'atteint pas forcément...

Un chauffage d'appoint peut donc être nécessaire pour les jours de mauvais temps.

2. Étude du poêle à bois

- 2.1.** Montrer que la quantité de matière de bois nécessaire à l'obtention d'une énergie de valeur 1 MWh est proche de $1,5 \times 10^3 \text{ mol}$.

Le PC du bois est de $4,0 \text{ kWh} \cdot \text{kg}^{-1}$, donc avec 1 kg de bois, on peut récupérer 4,0 kWh.

Donc pour récupérer 1 MWh = 1000 kWh, il faut une masse $m = \frac{1000 \text{ kWh}}{4,0 \text{ kWh} \cdot \text{kg}^{-1}} = 250 \text{ kg de bois.}$

Si on assimile le bois à la cellulose, de masse molaire $M = 6 \times M(C) + 10 \times M(H) + 5 \times M(O) = 162 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,162 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\text{il faut donc une quantité } n = \frac{m}{M} = \frac{250 \text{ kg}}{0,162 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,54 \times 10^3 \text{ mol}$$

$$250 \div 0,162 \quad 1543,209877$$

- 2.2.** Calculer alors la masse de dioxyde de carbone libérée lors de la combustion du bois afin d'obtenir 1MWh d'énergie.

Equation de combustion : $C_6H_{10}O_5 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 5 H_2O$

D'après cette équation, la combustion d'une mole de cellulose produit 6 moles de dioxyde de carbone. Donc la combustion de $n = 1,54 \times 10^3 \text{ mol}$ de cellulose produit $n_{CO_2} = 6 \times 1,54 \times 10^3 = 9,26 \times 10^3 \text{ mol de } CO_2$.

$$\text{Ans} \times 6 \quad 9259,259259$$

La masse molaire du CO_2 est : $M_{\text{CO}_2} = M(\text{C}) + 2 \times M(\text{O}) = 12 + 2 \times 16 = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Soit une masse $m_{\text{CO}_2} = n_{\text{CO}_2} \times M_{\text{CO}_2}$

Ans×44

407407.4074

$m_{\text{CO}_2} = 9,26 \times 10^3 \text{ mol} \times 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 4,07 \times 10^5 \text{ g} = 407 \text{ kg de CO}_2$.

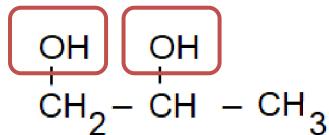
- 2.3. Expliquer pourquoi la valeur trouvée est très supérieure à celle donnée par l'ADEME.
Expliquer l'intérêt écologique d'avoir installé un poêle à bois au refuge plutôt qu'un autre système de chauffage (fioul ou gaz).

La valeur trouvée est 10 fois supérieure à celle donnée par l'ADEME : « Le bilan net pour le chauffage au bois est de 40 kg de CO_2 émis par MWh. » Car le calcul fait ne tient pas compte du CO_2 capté par l'arbre lors de sa croissance.

« Les chauffages au gaz, au fioul et à l'électricité émettent respectivement 222 kg, 480 kg et environ 180 kg de CO_2 par MWh » : d'où l'intérêt du chauffage au bois.

3. Aspect « thermique » des panneaux

- 3.1. Recopier la formule semi-développée de la molécule de propylène glycol et entourer les groupes caractéristiques. Nommer ce(s) groupe(s).



La molécule comporte deux groupes hydroxyle (fonction alcool).

- 3.2. Expliquer pourquoi on ne peut pas utiliser l'eau pure comme fluide caloporteur, notamment dans le cas d'un refuge de montagne et préciser l'intérêt d'employer le propylène glycol.

Dans un tel refuge, il est courant que la température descende en dessous de 0°C , l'eau gelerait, ce qui risque de détériorer les canalisations. En ajoutant du propylène glycol, dont la température de fusion est de -59°C , à l'eau, cela permet de faire baisser la température de fusion et d'empêcher le gel du fluide dans les canalisations.