

Baccalauréat STL B

Épreuve de physique chimie

Session de juin 2014
En Polynésie

27/06/2014

<http://www.udppc.asso.fr>

Corrigé

Partie A : consommation électrique de la laiterie (3,25 points)

Afin d'aider les exploitations agricoles à réaliser des économies d'énergie, l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), l'institut des élevages et les chambres régionales d'agriculture ont conduit une étude sur les niveaux de consommation d'énergie des bâtiments d'élevage laitier.

Les documents (A1) et (A2) utiles à la réflexion sont présentés en annexe A, page 3.

A.1. Équipements électriques présents dans les laiteries

Les équipements électriques sont multiples. L'essentiel de ces équipements est lié au bloc « traite »:

- le tank (ou réservoir) à lait qui permet le refroidissement du lait et son stockage,
- le chauffe-eau,
- l'éclairage du bloc traite,
- les équipements de nettoyage,
- les autres postes...

A.1.1. À partir du document (A1), nommer la grandeur physique à laquelle se rapporte le terme « consommation ».

La consommation dont il est question dans le document (A1) correspond à l'énergie électrique consommée par le tank lors de son fonctionnement.

A.1.2. Donner la relation reliant les grandeurs : puissance P, énergie E mise en jeu durant Δt et en indiquant pour chacune l'unité dans le système international d'unités.

$$E = P \times \Delta t$$

Dans le système international d'unités, E est en Joule, P en Watt et Δt en seconde.

A.1.3. À l'aide des documents (A1) et (A2), calculer la consommation électrique moyenne annuelle du tank ramenée à une vache laitière.

D'après le document (A1) : « La consommation du tank est donc calculée par différence entre la consommation totale et celle des autres postes. »

On utilise alors les données du document (A2) :

$$E_{\text{tank}} = 420 - (21 + 11 + 3 + 14 + 8 + 10 + 68 + 120) = 165 \text{ kW.h par vache laitière.}$$

A.2. Refroidissement du lait

Le refroidissement du lait et son stockage ont lieu dans le tank (ou réservoir) à lait. Lorsque la température du lait varie d'une valeur initiale θ_i à une valeur finale θ_f , l'énergie échangée sous forme de chaleur Q par le lait avec le tank est égale à la variation de son énergie interne ΔU . On a la relation suivante :

$$Q = \Delta U = m_{\text{lait}} \cdot C_{\text{lait}} \cdot (\theta_f - \theta_i)$$

A.2.1. Calculer l'énergie échangée sous forme thermique avec le tank pour 300 litres de lait de masse 310 kg quand ils passent de la température initiale θ_i à la température finale θ_f .

Données : $\theta_i = 35 \text{ }^\circ\text{C}$, $\theta_f = 4 \text{ }^\circ\text{C}$, $C_{\text{lait}} = 3,8 \times 10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, $1 \text{ kW.h} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$

$$Q = m_{\text{lait}} \cdot C_{\text{lait}} \cdot (\theta_f - \theta_i) = 310 \times 3,8 \cdot 10^3 \times (4 - 35) = -36,5 \cdot 10^6 \text{ J}$$

A.2.2. Calculer la valeur de cette quantité de chaleur en kW.h.

D'après les données, $1 \text{ kW.h} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$, donc :

$$Q = \frac{36,5 \times 10^6}{3,6 \times 10^6} = -10 \text{ kW.h}$$

A.2.3. Vérifier que pour une durée de fonctionnement de $\Delta t = 4,0 \text{ h}$, la puissance mise en jeu est $P = 2,5 \text{ kW}$.

Si on considère que pour enlever cette énergie du lait, on dépense une énergie $E = -Q$, on a : $P = \frac{E}{\Delta t} = \frac{10}{4} = 2,5 \text{ kW}$

Partie B : déplacement d'échantillons de lait à l'aide d'un mini-convoyeur (7,5 points)

Après refroidissement et traitements biologiques spécifiques à la conservation, des échantillons de lait sont prélevés afin d'être analysés et contrôlés. Les pots contenant ces échantillons sont déplacés à l'aide d'un tapis roulant appelé mini-convoyeur (voir document (B1) de l'annexe B, page 6).

Une gamme de mini-convoyeurs développée afin de proposer une solution immédiate au transport de petits produits est présentée sur le document (B2) de l'annexe B, page 6.

L'appareil utilisé dans ce bâtiment a pour référence : FR 40-160.

B.1. Analyse électrique

Des moteurs à courant continu équipent les mini-convoyeurs et assurent des performances optimales.

B.1.1. À partir du document (B2), préciser la valeur de la tension d'alimentation U pour le mini-convoyeur installé, et celle de la puissance P absorbée par le moteur.

Par lecture du document B2, on a : $U = 24 \text{ V}$ et $P = 36 \text{ W}$.

Référence	Tension (V)	Puissance absorbée (W)	Vitesse linéaire Charge maximale				
			8,0 m/min 30 N	2,7 m/min 50 N	1,8 m/min 50 N	0,9 m/min 100 N	0,5 m/min 100 N
FR 40-160	24	36					

B.1.2. Pour le type de moteur utilisé, donner la relation liant les grandeurs P et U précédentes, à l'intensité I du courant. Indiquer leurs unités dans le système international.

$P = U \times I$ avec P en Watt, U en Volt et I en Ampère dans le système international d'unités.

B.1.3. Calculer la valeur de l'intensité I du courant.

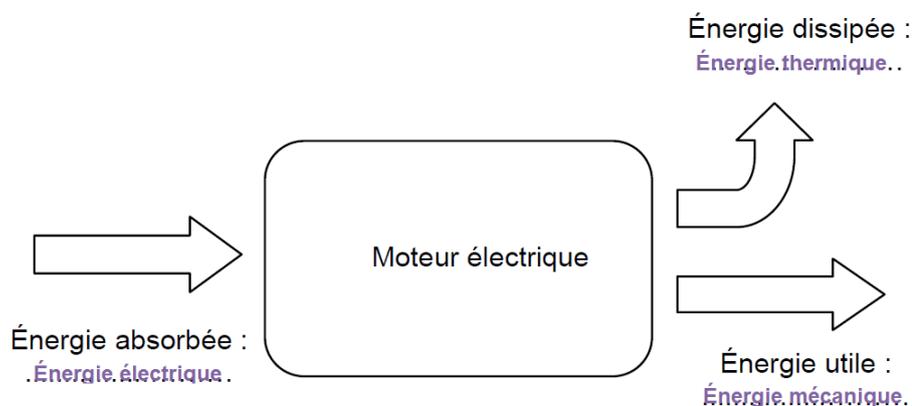
$$I = \frac{P}{U} = \frac{36}{24} = 1,5 \text{ A}$$

B.2. Analyse énergétique

Le moteur électrique est un convertisseur d'énergie.

Le document-réponse (DR1) page 14, présente le diagramme de la chaîne énergétique du moteur électrique.

B.2.1. Compléter le document-réponse (DR1) page 14, à rendre avec la copie, en précisant sur le diagramme de la chaîne énergétique, les types d'énergie mis en jeu.



B.2.2. Le rendement $\eta = \frac{P_{\text{méca}}}{P_{\text{élec}}}$ de ce type de moteur est de 95 %. Exprimer puis calculer la puissance mécanique $P_{\text{méca}}$ disponible.

$$P_{\text{méca}} = \eta \times P_{\text{élec}} = 0,95 \times 36 = 34,2 \text{ W}$$

B.3. Mise en mouvement de la bande du tapis roulant du mini-convoyeur.

La bande du tapis roulant est mise en mouvement par le moteur électrique précédent.

B.3.1. En utilisant le document (B2), pour une charge de 30 N, indiquer la valeur v de la vitesse linéaire du tapis.

Référence	Tension (V)	Puissance absorbée (W)	Vitesse linéaire Charge maximale				
FR 40-160	24	36	8,0 m/min 30 N	2,7 m/min 50 N	1,8 m/min 50 N	0,9 m/min 100 N	0,5 m/min 100 N

La vitesse linéaire du tapis, pour une charge de 30 N, est $v = 8,0$ m/min.

B.3.2. Calculer la valeur de cette vitesse en m.s^{-1} .

$$v = \frac{8,0}{60} = 0,13 \text{ m.s}^{-1}.$$

Le tapis est entraîné par des galets de rayon $R = 2,0$ cm tournant à la vitesse angulaire ω .

B.3.3. Exprimer ω en fonction de v et de R , puis calculer sa valeur.

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{0,13}{2 \cdot 10^{-2}} = 6,7 \text{ rad.s}^{-1}.$$

B.4. Analyse mécanique

Un pot contenant l'échantillon de lait est présent sur ce tapis. Le tapis est incliné conformément au document (B3) de l'annexe B, page 6.

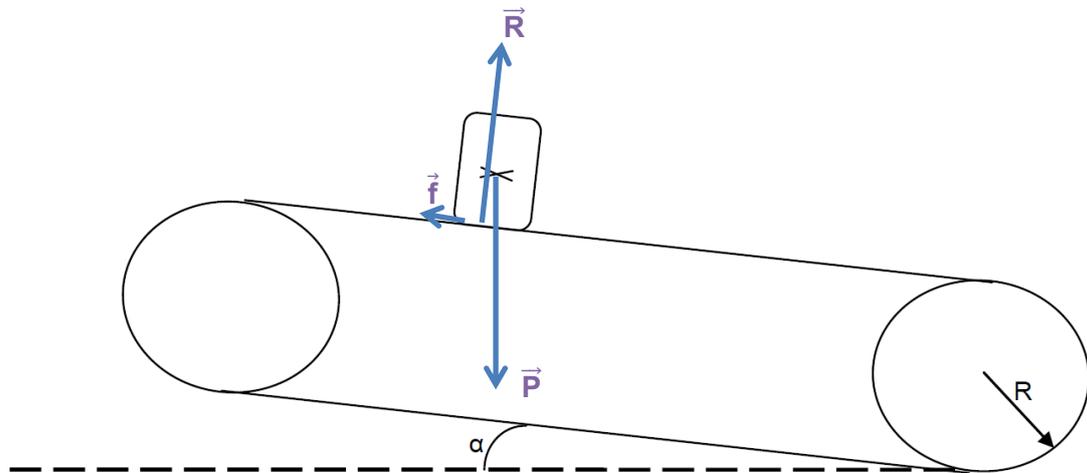
Dans un premier temps, le tapis est immobile.

B.4.1. Réaliser l'inventaire des forces s'exerçant sur le pot.

Les forces s'exerçant sur le pot sont :

- **Son poids \vec{P} (vertical du haut vers le bas)**
- **Les frottements du tapis \vec{f}**
- **La réaction du tapis \vec{R} (perpendiculaire au tapis)**

Sur le document-réponse (DR2) page 14, à rendre avec la copie, représenter ces forces (sans tenir compte de l'échelle).



B.4.2. Quelle relation vectorielle existe-t-il entre ces différentes forces ? Justifier la réponse.

Comme le pot est immobile, d'après le principe d'inertie, la somme des forces qui s'exerce sur lui est nulle :

$$\vec{P} + \vec{f} + \vec{R} = \vec{0}$$

B.5. Gestion des fluides

Les échantillons de lait, non conformes aux analyses, sont stockés dans une cuve.

L'évacuation de ces déchets de lait est réalisée vers une canalisation extérieure par l'intermédiaire d'un tuyau de section $S = 5,00 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, placé en bas de la cuve. Le temps nécessaire à la vidange d'un volume $V = 120 \text{ L}$ est de $\Delta t = 10,0$ minutes.

B.5.1. Exprimer le débit volumique Q_V en fonction de V et Δt , puis le calculer en l'exprimant en $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$, puis en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

$$Q_V = \frac{V}{\Delta t} = \frac{120}{10} = 12 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}.$$

Avec $V = 120 \text{ L} = 0,120 \text{ m}^3$ et $\Delta t = 10 \text{ min} = 600 \text{ s}$

$$Q_V = \frac{0,120}{600} = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}.$$

B.5.2. Exprimer la vitesse d'évacuation du lait en sortie du tuyau, notée v_{lait} , puis la calculer en m.s^{-1} .

$$V_{\text{lait}} = \frac{Q_v}{S} = \frac{2,0 \cdot 10^{-4}}{5,0 \cdot 10^{-4}} = 0,40 \text{ m.s}^{-1}.$$

Quand la cuve est pleine, la hauteur de lait est de 1,50 m.

B.5.3. Citer le principe fondamental de l'hydrostatique permettant d'exprimer la variation de pression ΔP entre le haut et le bas de la cuve, en fonction de la masse volumique du lait ρ_{lait} , de la hauteur de lait h_{lait} et de l'intensité de la pesanteur g . Calculer cette variation de pression ΔP .

Données :	$\rho_{\text{lait}} = 1,03 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$	$g = 9,80 \text{ m.s}^{-2}$
-----------	---	-----------------------------

$$\Delta P = \rho_{\text{lait}} \times g \times h_{\text{lait}}$$

$$\Delta P = 1,03 \times 10^3 \times 9,80 \times 1,50 = 1,51 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Partie C : contrôle et analyse des échantillons de lait (4 points)

L'état de fraîcheur d'un lait est contrôlé en mesurant son acidité totale en acide lactique. En effet, un lait frais ne contient pas d'acide lactique, mais au cours du temps les bactéries lactiques présentes dans le lait provoquent la transformation d'une partie du lactose en acide lactique. Le lait devient alors de plus en plus acide.

L'acide lactique a pour formule : $\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}$.

Les documents utiles à la réflexion sont présentés en annexe C pages 9 et 10.

C.1. Détermination de la concentration en acide lactique

Un dosage suivi par pH-métrie est réalisé sur un échantillon de lait. Le réactif titrant utilisé est une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})}$, $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$), de concentration c_b égale à $0,25 \text{ mol.L}^{-1}$.

C.1.1. Donner la définition d'un acide.

Un acide est une espèce capable de céder au moins un ion H^+ .

C.1.2. À l'aide de la fiche de sécurité de l'hydroxyde de sodium, document (C1), préciser les équipements de protection individuels (E.P.I.) à utiliser pour manipuler ce réactif.

La solution est corrosive, elle provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaire, il faut donc utiliser des gants, des lunettes et un blouse de protection.

C.1.3. Écrire l'équation de la réaction entre l'acide lactique et l'hydroxyde de sodium en solution.



Données :

Couples acido-basiques $\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}_{(\text{aq})} / \text{CH}_3\text{-CHOH-COO}^-_{(\text{aq})}$ / $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} / \text{HO}^-_{(\text{aq})}$

C.2. Incertitude liée au dosage

Afin de s'assurer de la valeur des résultats obtenus, différents dosages sont réalisés sur le même échantillon.

Les mesures de la concentration C en acide lactique trouvées expérimentalement figurent dans le document (C2).

On cherche à donner un encadrement de la valeur de la concentration en acide lactique.

C.2.1. L'étude statistique des résultats est réalisée à l'aide d'un tableau.

À partir du document (C3), donner :

- la valeur moyenne \bar{C} de la concentration,
- la valeur σ de l'écart-type.

L'incertitude associée au mesurage est notée U(C). C'est une grandeur définissant un intervalle autour du résultat de mesurage. Elle est associée à un niveau de confiance. Elle s'exprime sous la forme :

$$U(C) = t_{(n,x\%)} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

avec n le nombre de mesures et $t_{(n,x\%)}$ coefficient de Student .

D'après le document C3 : $\bar{C} = 411 \text{ mmol.L}^{-1}$ et $\sigma = 5,68 \text{ mmol.L}^{-1}$.

C.2.2. À l'aide du document (C4), déterminer la valeur de $t_{(n,x\%)}$ pour le nombre n de mesures et un niveau de confiance de 95%.

D'après le tableau du document (C4), pour n = 10 mesures, $t_{(10,95\%)} = 2,23$:

Nombre de mesures	Intervalle de confiance		
	90%	95%	98%
2	2,92	4,30	6,96
3	2,35	3,18	4,54
4	2,13	2,78	3,75
5	2,02	2,57	3,36
6	1,94	2,45	3,14
7	1,89	2,36	3,00
8	1,86	2,31	2,90
9	1,83	2,26	2,82
10	1,81	2,23	2,76
12	1,78	2,18	2,68
14	1,76	2,14	2,62
17	1,74	2,11	2,57
20	1,72	2,09	2,53

C.2.3. En déduire la valeur U(C) de l'incertitude associée au mesurage.

$$U(C) = t_{(n,x\%)} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 2,23 \cdot \frac{5,68}{\sqrt{10}} = 3,16 \text{ mmol.L}^{-1}.$$

L'écriture du résultat de la mesure est :

$$C = \bar{C} \pm U(C)$$

C.2.4. En déduire l'écriture du résultat de la concentration C en précisant l'unité et le niveau de confiance de l'intervalle estimé.

$$C = 411 \pm 3,16 \text{ mmol.L}^{-1} \text{ avec un niveau de confiance à 95 \%}$$

Partie D : radioactivité du lait à la suite de l'accident de Fukushima (5,25 points)

D.1. Exploitation d'un article publié sur Internet

Le document (D1) présenté en annexe D page 13, est extrait d'un site Internet ; il traite des conséquences de l'accident de Fukushima sur le lait produit dans d'autres régions du monde.

D.1.1. Le document (D1), concerne un noyau radioactif. Donner son nom et sa notation symbolique, en utilisant le document (D2) présenté en annexe D page 13.

Le document (D1) concerne l'iode 131 : ${}^{131}_{53}\text{I}$

D.1.2. Définir la notion d'isotopie. À l'aide du document (D2), présentant différents nucléides, donner les différents isotopes de l'iode I.

Deux noyaux sont des isotopes d'un élément quand ils ont le même numéro atomique, mais pas le même nombre de masse.

Les isotopes de l'iode présents dans le document D2 sont : $^{127}_{53}\text{I}$, $^{123}_{53}\text{I}$ et $^{131}_{53}\text{I}$.

D.2. L'iode 131

L'iode 131 est radioactif β^- .

D.2.1. Donner la notation symbolique et le nom de la particule β^- .

La particule β^- est un électron de symbole : $^0_{-1}\text{e}$

D.2.2. En utilisant le document (D2), écrire l'équation de désintégration de l'iode 131 et préciser la notation symbolique du noyau fils obtenu.



D.3. Évolution au cours du temps

D.3.1. Donner la définition de la demi-vie $t_{1/2}$ (également noté T).

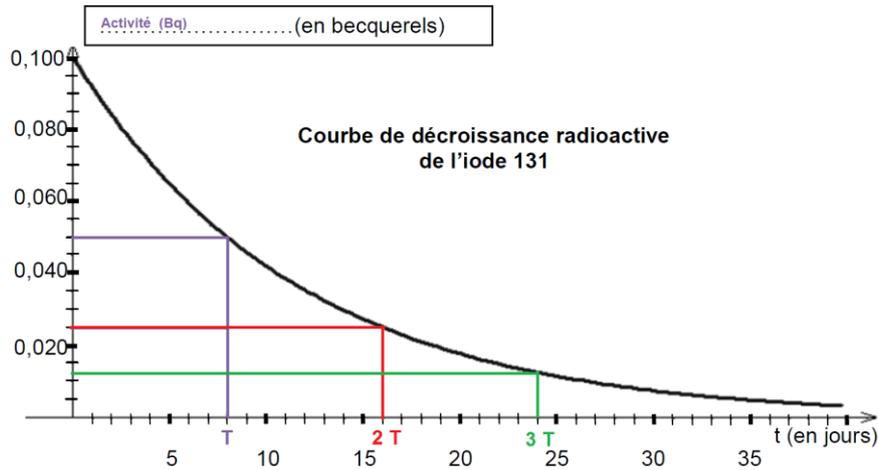
La demi-vie correspond à la durée au bout de laquelle l'activité initiale est divisée par deux.

D.3.2. À partir du document (D1), indiquer la valeur de la demi-vie de l'iode 131.

Dans le dernier paragraphe du document D1, on peut lire « L'iode 131 a une demi-vie de 8 jours ».

D.3.3. Le document-réponse (DR3) page 15, à rendre avec la copie, représente la courbe de décroissance radioactive de l'iode 131, pour un litre de lait. Indiquer sur ce document :

- le nom et le symbole de la grandeur exprimée en becquerel,
- les durées $t_{1/2}$, $2 t_{1/2}$, $3 t_{1/2}$ (durées également notées T, 2 T et 3 T).



D.3.4. Déduire de ce graphe, ou d'un raisonnement, la valeur de l'ordonnée exprimée en becquerels, mesurée au bout de 32 jours.

- 32 jours correspondent à 4T.

Au bout de T, l'activité initiale $A_0 = 0,100$ Bq est divisée par 2,

Au bout de 2T, l'activité initiale A_0 est divisée par $2 \times 2 = 2^2$,

Au bout de 3T, l'activité initiale A_0 est divisée par $2 \times 2 \times 2 = 2^3$,

Au bout de 4T, l'activité initiale A_0 est divisée par 2^4 .

Donc au bout de 32 jours, soit 4T, $A = \frac{0,100}{2^4} = 6,25 \cdot 10^{-3}$ Bq.

D.4. Absorption du rayonnement par l'organisme humain

Une partie du rayonnement peut être absorbée par l'organisme humain.

La dose d'énergie absorbée D est égale à :

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

Avec :

E : énergie transférée en joules (J)

m : masse de matière irradiée (kg)

D : dose d'énergie absorbée

D.4.1 Citer l'unité de mesure de la dose d'énergie absorbée D.

D'après la formule, la dose d'énergie absorbée s'exprime en $J \cdot kg^{-1}$.

Pour un litre de lait absorbé, un enfant de masse $m = 10$ kg reçoit une énergie $E = 0,0010$ J.

D.4.1. Calculer la dose d'énergie D absorbée par cet enfant.

$$D = \frac{E}{m} = \frac{0,0010}{10} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ J.kg}^{-1}.$$

D.4.2. Citer un risque lié pour l'organisme humain lié à la radioactivité.

Le risque le plus connu est le risque de développement de cancer.