Corrigé du bac 2015 : Physique-Chimie Spécialité Série S – Liban

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2015

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement de Spécialité

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 8

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Correction proposée par un professeur de physique-chimie pour le site www.sujetdebac.fr

EXERCICE I. CONSTRUCTION D'UNE MAISON PASSIVE (7 points)

1. Isolation et chauffage

Commençons tout d'abord par relever les données présentes dans l'énoncé. Elles ne nous serviront pas forcément toutes, mais il est plus facile de s'y retrouver ainsi.
Vous pouvez également procéder en surlignant dans le texte les éléments qui vous semblent importants. Nous choisissons ici de les noter dans un souci de clarté du corrigé.

Données du texte :

- Surface habitable : S_h=68m²
- Maison passive : besoins en chauffages inférieurs à 15 kWh par m² habitable et par an
- Besoins moyens en chauffage d'un bâtiment classique : entre 250 et 300 kWh par m² habitable et par an
- Résistance thermique : $R_{th}=\frac{e}{\lambda . S}$ avec e l'épaisseur du matériau (m), λ la conductivité thermique($W.m^{-1}.K^{-1}$) et S la surface de la paroi (m²)
- Flux thermique : $\Phi=\frac{Q}{\Delta t}$ avec Q l'énergie thermique (J)

1.1) On procède par analyse dimensionnelle comme demandé. Cela nous donne pour l'expression de la résistance thermique:

$$R_{th}=\frac{m}{W.m^{-1}.K^{-1}.m.m}=\frac{1}{W.K^{-1}}=K.W^{-1}$$

1.2) ***Remarque** : vous ne savez peut-être pas ce qu'est concrètement une résistance thermique. Pas d'inquiétude, vous pouvez quand même répondre à la question en faisant l'analogie avec la résistance vue en électricité. En effet, vous savez que plus la valeur de la résistance est élevée, moins elle laissera passer le courant.*
Il en est de même ici avec la chaleur; nous voulons éviter les pertes de chaleur en isolant une surface, c'est à dire limiter son passage. Nous allons donc vouloir une valeur de résistance élevée.

Si on veut isoler une surface, elle doit posséder une résistance thermique élevée. En regardant de plus près la formule de la résistance thermique, on en déduit que l'on peut :

- augmenter l'épaisseur de la paroi e
- diminuer sa conductivité thermique λ

1.3) Calculons la résistance thermique des murs extérieurs en additionnant les 5 parois :

$$R_m=\frac{1,5.10^{-2}}{0,5\times85}+\frac{5,0.10^{-2}}{0,8\times85}+\frac{6,0.10^{-2}}{0,04\times85}+\frac{20.10^{-2}}{0,6\times85}+\frac{2,5.10^{-2}}{1,05\times85}=2,3.10^{-2}\,K.W^{-1}$$

1.4) La résistance thermique dans les combles vaut : $R_{th}=0,053\,K.W^{-1}$
Pour obtenir une résistance thermique dans les combles identique à celle des combles en utilisant de la laine de verre, on doit prendre pour épaisseur :

$$e=R_{th}\times\lambda.S=0,053\times0,038\times79=0,16\,m$$

1.5.1) Les transferts thermiques s'effectuent de l'intérieur vers l'extérieur de la maison.

1.5.2) Calculons Q_v :

Nous savons que $\Phi=\frac{Q}{\Delta t}=\frac{T_i-T_e}{R_{th}}$ d'où $Q_v=\frac{(T_i-T_e).\Delta t}{R_{th}}$

Pour une journée, $Q_v=\frac{(19-4)\times 24\times 3600}{0,10}=13\,MJ$

D'où on en déduit la valeur de la chaleur fournie par un poêle à bois pendant une journée :

$Q_{poele}=Q_m+Q_v+Q_s+Q_c=56+13+37+24=130\,MJ$

1.6) Si, par an, la période de chauffage dure 100 jours, les besoins de la maison sont de :

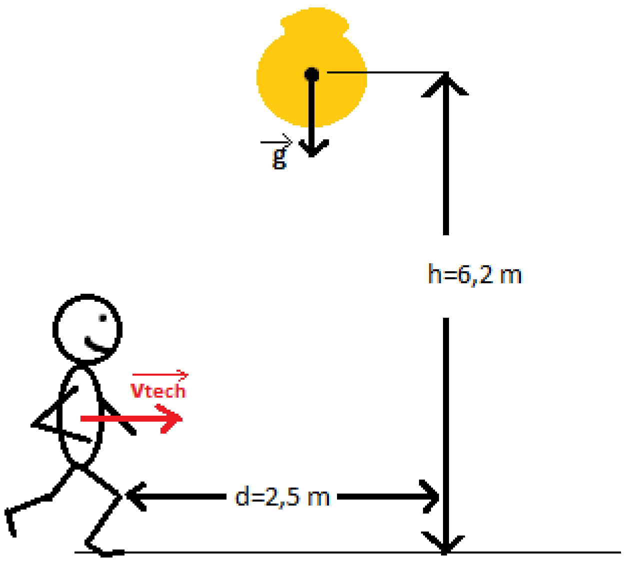
$\frac{Q_{poele}\times 100}{3,6\times S_h}=\frac{130\times 100}{3,6\times 68}=53\,kWh.m^{-2.}an^{-1}$

Cette valeur est supérieur au critère d'une maison passive $15\,kWh.m^{-2.}an^{-1}$

La maison n'est donc pas considérée comme passive.

2. Incident sur le chantier

2.1)



2.2) Dans cet exercice, le référentiel d'étude est le référentiel terrestre supposé galiléen, et le système étudiée est le sac de sable tombant d'une hauteur h.

Bilan des forces : le poids du sac de sable $\vec{P}$

La seconde loi de Newton nous donne : $\sum \vec{F}_{ext}=m.\vec{a}$ d'où $\vec{P}=m.\vec{a}$ puis $m.\vec{g}=m.\vec{a}$

Ainsi, $\vec{g}=\vec{a}$

En projetant sur l'axe Oy ascendant, on obtient : $a_y=-g$

L'accélération par définition se trouve être la dérivée de la vitesse, donc en primitivant a_y on obtient :

$v_y=-g.t+v_{0y}$ or la vitesse initiale du sac de sable lors de sa chute est nulle, donc

$v_y=-g.t$

En primitivant à nouveau, on obtient : $y_s=\frac{-g}{2}.t^2+y_0$

$$y_s=\frac{-g}{2}.t^2+h$$

A t=0, le sac est à la hauteur h, d'où
Avec g=9,8 m.s^{-2} et h=6,2 m : $y_s = -4{,}9t^2 + 6{,}2$

2.3) Pour savoir si le technicien court un risque, il faut déterminer à quel moment le sac touche le sol, c'est à dire le temps t_1 pour lequel y_s=0.

$$y_s = -4{,}9t_1^2 + 6{,}2 = 0 \Rightarrow 4{,}9t_1^2 = 6{,}2 \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{6{,}2}{4{,}9}} = 1{,}1\,s$$

Or le technicien marche à une vitesse de 1,1m/s. Il parcourra alors, en 1,1s, la distance suivante : d=1,1 * 1,1= 1,2 m.
Le sac de sable tombera alors à 1,3 m devant lui : le technicien ne risque rien.

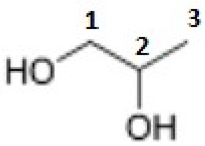
EXERCICE II : UNE PISCINE NATURELLE CHAUFFÉE (8 points)

1. Étude du fluide caloporteur d'un chauffe-eau solaire

1.1) Le mode principal de transfert thermique mis en jeu entre le capteur solaire et le milieu extérieur est le rayonnement.
Le rôle de la chaudière d'appoint est de chauffer l'eau du ballon lors des journées peu ensoleillées.

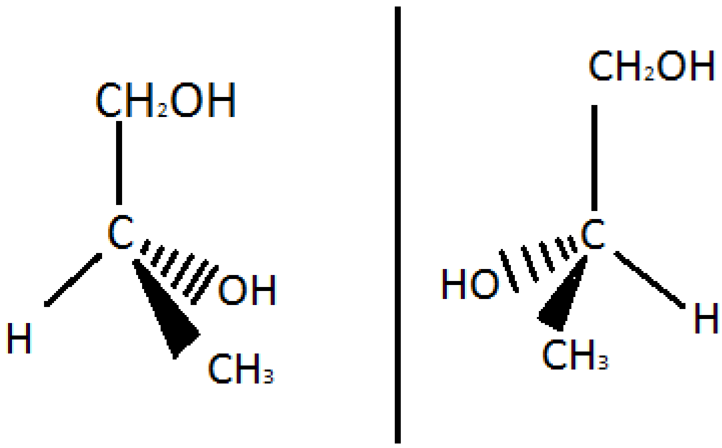
1.2) Le mono propylène glycol est un antigel, ce qui le rend intéressant car, comme son nom l'indique, il évite au fluide caloporteur de geler en hiver.

1.3) La représentation topologique du mono propylène glycol, ou propane-1,2-diol est la suivante :



La chaîne carbonée principale comporte 3 atomes de carbones, d'où « propane ».
2 molécules HO sont situés sur les atomes 1 et 2 de la chaîne, d'où « -1,2-diol ».

1.4) La molécule de mono propylène glycol possède plusieurs stéréoisomères car le carbone en position 2 est asymétrique.
Représentons ces stéréoisomères grâce à la représentation de Cram :



On remarque que ces deux stéréoisomères sont images l'un de l'autre par un miroir (ils ne sont pas superposables) : ce sont donc des énantiomères.
De plus elles sont bien chirales car elles possèdent un atome de carbone asymétrique.
Pour obtenir un mélange racémique, il faut introduire en proportions égales ces deux énantiomères.

1.5) En spectroscopie RMN, la molécule présenterait 4 signaux :

- Un **doublet** dû aux protons du groupe CH_2OH couplés avec celui du carbone en position 2
- Un **doublet** dû aux protons du groupe Ch_3 couplés avec celui du carbone en position 2
- Un **hexuplet** dû au proton du carbone en position 2 couplé avec 5 protons des carbones en positions 1 et 3
- Un **singulet** dû aux deux protons des groupes OH

2. Traitement de l'eau de la piscine

2.1) Ces transformations ont ceci en commun qu'elles doivent toutes être totales pour que l'on puisse doser l'intégralité de l'azote présent dans l'échantillon.

2.2) NH_4^+ et NH_3 sont liés : NH_4^+ peut céder un proton H^+ et ainsi donner la demi-équation:
$NH_4^+ = NH_3 + H^+$
NH_4^+ est la forme acide et NH_3 est la forme basique : NH_4^+/NH_3 est bien un couple acide/base.

2.3) Si le pH=8, il sera inférieur au pKa du couple qui lui vaut 9,2 ; la forme acide prédominera alors, or ce n'est pas le but de la manipulation que de titrer cette espèce !

2.4.1) Au début du titrage, à t=0, le pH vaut 11. Celui ci étant supérieur au pKa du couple, l'espèce majoritaire est donc la base du couple acide/base étudié, à savoir NH_3.
A la fin du titrage, le pH vaut 2 ; l'espèce majoritaire est cette fois ci NH_4^+.

2.4.2) L'équation chimique du titrage est la suivante :
$NH_{3(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)} \rightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

2.4.3) D'après le graphe, on situe l'équivalence autour de V_{eq}=10 mL, pour un pH valant 6.
Il faut donc choisir un indicateur coloré en fonction de sa zone de virage, qui doit comprendre la valeur du pH à l'équivalence. En se référant aux données, on trouve que le bleu de bromothymol ou le rouge de méthyle peuvent convenir.

2.5) D'après l'énoncé, pour que l'eau résiduaire soit conforme aux normes européennes en ce qui concerne l'azote total Kjeldahl, il faut que la masse totale d'azote m_N soit inférieure à 20 $mg.L^{-1}$.

A l'équivalence, les réactifs ont été introduits et ont réagit dans les proportions stœchiométriques.

Ainsi, $n_{NH_3} = C_{H_3O+.} \times V_{EQ} = 2{,}0.10^{-3} \times 10{,}3.10^{-3} = 2{,}06.10^{-5}\, mol$

Les valeurs de la quantité de matière et de la concentration d'azote n_N sont égales à celles de l'ammoniaque.

On calcule donc la masse d'azote correspondante :
$m_N = n_N \times M_N = 2{,}04.10^{-5} \times 14 = 2{,}88.10^{-4}\, g$

Remarque *: Cette valeur de la masse d'azote est calculée pour un volume V=20,0 mL. Pour obtenir la valeur de la masse pour un volume V'=1 L, il faut la multiplier par 5.*

m_N(1 L) = 50*m_N = 50*2,89.10^{-4} = 1,4.10^{-2} g = 14 mg

Cette valeur est inférieure à la norme 20 mg.L^{-1} : l'eau est donc conforme aux normes européennes.

EXERCICE III. AUTONOMIE ÉLECTRIQUE D’UNE MAISON PASSIVE (5 points)

Question préalable :

Grâce à la courbe donnée en annexe intitulée « Caractéristiques intensité-tension d’un panneau photovoltaïque d’une surface de 12 m² », on obtient I_{opt} ~ 7,8 A et U_{opt} ~ 125 V.
On peut ainsi calculer la puissance de crête : $P_{opt}=U_{opt}\times I_{opt}=125\times 7{,}8=9{,}8.10^2\,W$

Le rendement vaut donc $r=\frac{puissance\,de\,crête}{puissance\,lumineuse\,reçue}=\frac{9{,}8.10^2}{600\times 12}=0{,}136$, c'est à dire 13,6 %.

Problème

« Une maison passive dont la surface de toiture est de 100 m² est en construction à Brest. Ses besoins en énergie primaire totale, électroménager inclus, sont évalués à 8400 kWh par an. L’installation de panneaux photovoltaïques sur le toit permettrait-elle de couvrir les besoins en énergie de cette habitation ? »

A Brest, l’ensoleillement annuel moyen sur une surface orientée au sud vaut 1310 kWh/m².
On suppose que la surface de la toiture est divisée en deux, avec une partie orientée sud. Sur une face de 50m², on peut placer 50/12=4 panneaux solaires. La surface totale des panneaux solaires vaut alors S=4*12=48m².

L'énergie électrique produite par les panneaux vaut alors
$E=r\times ensoleillement\times S=0{,}13\times 1310\times 48=8{,}4.10^3\,kWh\,par\,an$

Cette valeur est très proche des besoins en énergie primaire totale qui sont de 8400 kWh par an. En réalité cette valeur doit même être supérieure aux besoins du fait du manque de précision lors des calculs menés précédemment.
On peut donc affirmer que l'installation de panneaux photovoltaïques rend la maison autonome en énergie.