

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

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2015

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 6

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

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 : $S_h=68\text{m}^2$
- Maison passive : besoins en chauffages inférieurs à 15 kWh par m^2 habitable et par an
- Besoins moyens en chauffage d'un bâtiment classique : entre 250 et 300 kWh par m^2 habitable et par an
- Résistance thermique : $R_{th} = \frac{e}{\lambda \cdot S}$ avec e l'épaisseur du matériau (m), λ la conductivité thermique ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) et S la surface de la paroi (m^2)
- 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:

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

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 :

$$R_m = \frac{1,5 \cdot 10^{-2}}{0,5 \times 85} + \frac{5,0 \cdot 10^{-2}}{0,8 \times 85} + \frac{6,0 \cdot 10^{-2}}{0,04 \times 85} + \frac{20 \cdot 10^{-2}}{0,6 \times 85} + \frac{2,5 \cdot 10^{-2}}{1,05 \times 85} = 2,3 \cdot 10^{-2} \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$$

1.4) La résistance thermique dans les combles vaut : $R_{th} = 0,053 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$

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 :

$$e = R_{th} \times \lambda \cdot S = 0,053 \times 0,038 \times 79 = 0,16 \text{ m}$$

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 $Q_v = \frac{(T_i - T_e) \cdot \Delta t}{R_{th}}$

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

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

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

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

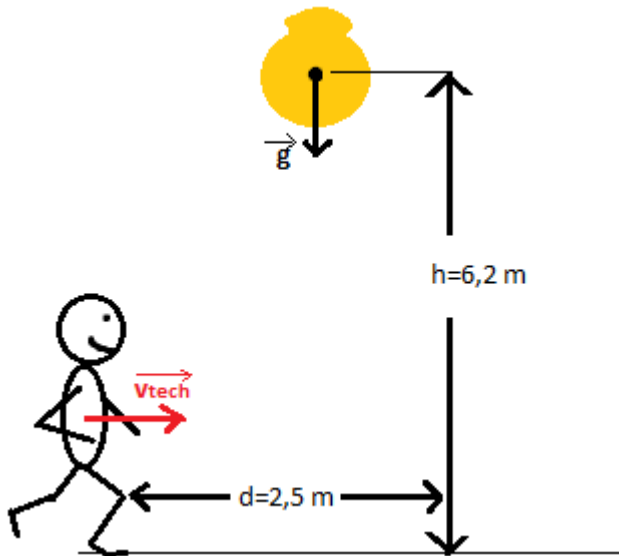
$$\frac{Q_{poele} \times 100}{3,6 \times S_h} = \frac{130 \times 100}{3,6 \times 68} = 53 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$$

Cette valeur est supérieure au critère d'une maison passive $15 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$

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 étudié 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 : $\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}$ d'où $\vec{P} = m \cdot \vec{a}$ puis $m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a}$

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 :

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

$$v_y = -g \cdot t$$

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

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

A $t=0$, le sac est à la hauteur h , d'où

Avec $g=9,8 \text{ m.s}^{-2}$ et $h=6,2 \text{ m}$: $y_s = -4,9t^2 + 6,2$

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 $y_s=0$.

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

Or le technicien marche à une vitesse de $1,1 \text{ m/s}$. Il parcourra alors, en $1,1 \text{ s}$, la distance suivante : $d = 1,1 * 1,1 = 1,2 \text{ m}$.

Le sac de sable tombera alors à $1,3 \text{ m}$ devant lui : le technicien ne risque rien.

EXERCICE II : UNE PISCINE NATURELLE CHAUFFÉE (8 points)

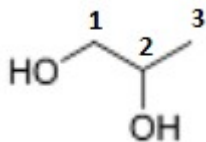
1. Étude du fluide caloporteur d'un chauffe-eau solaire

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 :

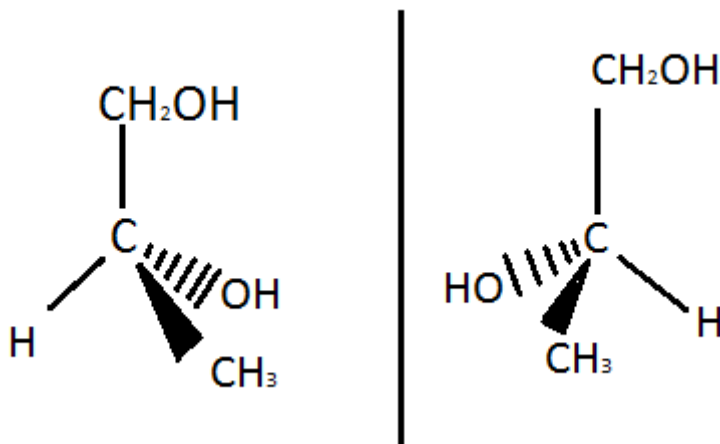


La chaîne carbonée principale comporte 3 atomes de carbones, d'où « propane ».

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:



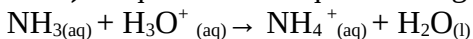
NH_4^+ est la forme acide et NH_3 est la forme basique : $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ est bien un couple acide/base.

2.3) Si le $\text{pH}=8$, il sera inférieur au pK_a 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 pK_a 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 :



2.4.3) D'après le graphe, on situe l'équivalence autour de $V_{\text{eq}}=10 \text{ mL}$, 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 réagi dans les proportions stœchiométriques.

$$\text{Ainsi, } n_{\text{NH}_3} = C_{\text{H}_3\text{O}^+} \times V_{\text{EQ}} = 2,0 \cdot 10^{-3} \times 10,3 \cdot 10^{-3} = 2,06 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$$

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 :

$$m_N = n_N \times M_N = 2,04 \cdot 10^{-5} \times 14 = 2,88 \cdot 10^{-4} \text{ g}$$

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.

$$m_N(1 \text{ L}) = 50 \cdot m_N = 50 \cdot 2,89 \cdot 10^{-4} = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ g} = 14 \text{ mg}$$

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

EXERCICE III. THERMOGRAPHIE INFRAROUGE (5 points)

Utilisation d'une caméra infrarouge

1.1) D'après l'énoncé, « En thermographie infrarouge, on travaille généralement dans une bande spectrale qui s'étend de 2 à 15 μm ». Prenons une valeur simple : $\lambda=10$ μm .
Calculons l'énergie du photon associée à la longueur d'onde λ :

$$E(J) = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{10 \cdot 10^{-6}} = 1,99 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

Convertissons la en eV : $E(\text{eV}) = \frac{E(J)}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 0,12 \text{ eV}$

Cette valeur se situe dans l'intervalle d'énergie [0,003 eV ; 1,5 eV] : il s'agit d'une transition entre niveaux d'énergie vibratoires.

1.2) La propriété du laser qui permet précisément cette utilisation est son caractère directif.

1.3) Les zones froides sont repérées par leur couleur sombre. La zone la plus froide de la maison se situe donc au niveau du toit.

1.4) D'après l'énoncé, « En codage RVB 24 bits, il est possible de coder un très grand nombre de couleurs en affectant, à l'aide d'une méthode adaptée, à chaque pixel trois valeurs relatives au rouge, au vert et au bleu, chaque valeur étant codée sur un octet. »

Chaque sous pixel rouge, vert ou bleu peut donc être codé sur 8 bits, soit au total 2^8 valeurs. On nous dit aussi qu'il est également possible d'obtenir des nuances de gris en affectant trois valeurs identiques. On peut ainsi obtenir $2^8=256$ nuances de gris.

1.5) Si un pixel noir est codé R(0)V(0)B(0), sachant qu'il y a 256 valeurs possibles, un pixel blanc serait codé R(255)V(255)B(255).

Remarque : De 0 à 255 on compte bien 256 valeurs (il faut compter le « 0 » avec) !

1.6) La taille de l'image, exprimée en octets, représente la taille associée au codage de tous les pixels qui la constituent, c'est à dire au nombre de pixels multiplié par la taille d'un pixel. Sachant qu'il faut 1 octet pour le rouge, 1 pour le vert et 1 pour le bleu:

$$\text{Taille de l'image} = 307200 \cdot 3 = 9,216 \cdot 10^5 \text{ octets.}$$

1.7)

Tableau a

R	10	10	10	10
V	0	0	0	0
B	100	100	100	100
R	23	23	23	10
V	15	15	15	0
B	82	82	82	100
R	210	210	23	10
V	100	100	15	0
B	105	105	82	100
R	210	210	23	10
V	100	100	15	0
B	102	105	82	100

Tableau b

R	75	75	75	75
V	75	75	75	75
B	75	75	75	75
R	10	10	10	75
V	10	10	10	75
B	10	10	10	75
R	232	232	10	75
V	232	232	10	75
B	232	232	10	75
R	232	232	10	75
V	232	232	10	75
B	232	232	10	75

Tableau c

R	10	10	10	10
V	10	10	10	10
B	10	10	10	10
R	215	215	215	10
V	215	215	215	10
B	215	215	215	10
R	82	82	215	10
V	82	82	215	10
B	82	82	215	10
R	82	82	215	10
V	82	82	215	10
B	82	82	215	10

Pour commencer, le tableau « a » ne peut pas convenir : les valeurs de R,V, B ne sont pas identiques.

Intéressons nous à la zone encadrée :

1	2	3	4
8	9	10	5
13	14	11	6
15	16	12	7

Les cases numérotées de 1 à 7 sont les plus foncées ; ce sont elles qui sont supposées avoir des valeurs de R, V, B faibles.

Les cases numérotées de 13 à 16 sont quant à elles les plus claires ; elles doivent donc avoir des valeurs de R, V, B élevées.

Le tableau qui remplit ces conditions est le tableau « c ».

2. Enregistrement et stockage des données numériques

Le film de 15 minutes comprendra $24 \times 15 \times 60 = 2,16 \cdot 10^4$ images.

Chaque image en noir et blanc (c'est à dire en nuances de gris) occupe $9,216 \cdot 10^5$ octets.

Calculons la taille du fichier initial sans que la compression ait eu lieu :

$$2,16 \cdot 10^4 * 9,216 \cdot 10^5 = 1,991 \cdot 10^{10} \text{ octets} = 19\,910 \text{ Mo} > 750 \text{ Mo.}$$

Sans compression, impossible de l'enregistrer sur un disque CD.

Calculons la taille du fichier après sa compression :

$$\tau = 1 - \frac{\text{taille du fichier compressé}}{\text{taille du fichier initial}}$$

$$\text{taille du fichier compressé} = (1 - \tau) \times \text{taille du fichier initial} = (1 - 0,95) \times 1,991 \cdot 10^{10} = 995 \text{ Mo}$$

Le fichier après compression reste trop volumineux : il ne peut pas être stocké sur un CD.