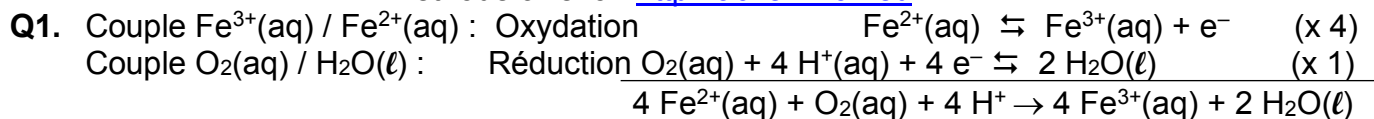


Bac 2023 Polynésie (jour 1) Spécialité physique chimie Correction © <https://labolycee.org>
Exercice 1 – UN CHIMISTE QUI MÉRITE D'ÊTRE CONNU : KARL FRIEDRICH MOHR
(9 points)

Le sel de Mohr

Méthode à revoir <http://acver.fr/oxred>



Q2. $M_{\text{sel}} = M(\text{(NH}_4)_2\text{Fe(SO}_4)_2, 6 \text{H}_2\text{O})$
 $= 2 \times M(\text{N}) + 8 \times M(\text{H}) + M(\text{Fe}) + 2 \times M(\text{S}) + 8 \times M(\text{O}) + 12 \times M(\text{H}) + 6 \times M(\text{O})$
 $= 2 \times 14,0 + 8 \times 1,0 + 55,8 + 2 \times 32,1 + 8 \times 16,0 + 12 \times 1,0 + 6 \times 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
 $M_{\text{sel}} = 392,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

$$\begin{array}{r} 2 \times 14 + 8 \times 1 + 55,8 + 2 \times 32,1 + 8 \times 16 + 12 \times 1 + 6 \times 16 \\ \hline 392 \end{array}$$

Q3. Concentration c en soluté apporté : $c = \frac{n_{\text{sel}}}{V} = \frac{m}{M_{\text{sel}} \times V}$

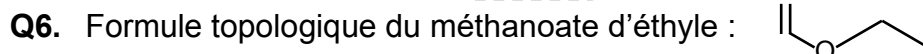
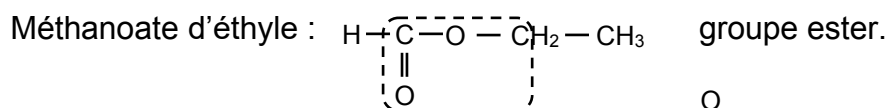
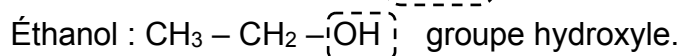
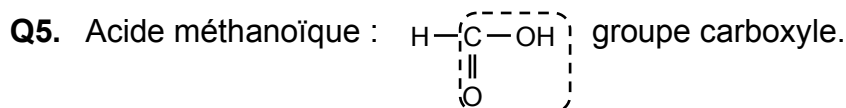
Soit $c = \frac{2,00 \text{ g}}{392,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 100,0 \times 10^{-3} \text{ L}} = 5,10 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

$$\frac{2}{392 \times 100 \times 10^{-3}} = 5.102040816 \times 10^{-2}$$

L'équation $(\text{NH}_4)_2\text{Fe(SO}_4)_2, 6 \text{H}_2\text{O}(\text{s}) \rightarrow 2 \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\ell)$ montre que 1 mole de sel de Mohr forme 1 mole d'ions $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ donc la concentration en ions fer (II) est égale à la concentration en sel de Mohr apporté : $[\text{Fe}^{2+}] = c$.

Le chauffage à reflux

- Q4.** (1) : réfrigérant à boules ;
 (2) : ballon ;
 (3) : agitateur magnétique chauffant ; (en général, on utilise plutôt un chauffe-ballon)
 (4) : support élévateur.



- Q7.** Le chauffage à reflux permet :
 – **d'accélérer la réaction** en chauffant le mélange réactionnel car la température est un facteur cinétique ;
 – **d'éviter les pertes de matière** car les vapeurs formées au cours de l'ébullition sont liquéfiées dans le réfrigérant à eau et retombent vers le mélange réactionnel.

Les pictogrammes de sécurité montrent que les réactifs et les produits sont irritants, nocifs et inflammables. Il convient donc de manipuler les espèces chimiques avec des gants, des lunettes de protection et une blouse en coton.

- Q8.** L'acide sulfurique joue le rôle de **catalyseur**.

Q9. Quantités initiales des réactifs :

$$n_{Ac} = \frac{m_{Ac}}{M_{Ac}} = \frac{\rho_{Ac} \cdot V_{Ac}}{M_{Ac}} \text{ soit } n_{Ac} = \frac{1,22 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 7,0 \text{ mL}}{46,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,9 \times 10^{-1} \text{ mol.}$$

$$n_{Al} = \frac{m_{Al}}{M_{Al}} = \frac{\rho_{Al} \cdot V_{Al}}{M_{Al}} \text{ soit } n_{Al} = \frac{0,79 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 10,0 \text{ mL}}{46,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 1,7 \times 10^{-1} \text{ mol.}$$

Handwritten calculations showing the same steps as the printed equations above, with the final results $n_{Ac} = 1,9 \times 10^{-1}$ and $n_{Al} = 1,7 \times 10^{-1}$.

L'équation de la réaction de synthèse montre que 1 mole d'acide réagit avec 1 mole d'alcool.

Or : $\frac{n_{Ac}}{1} > \frac{n_{Al}}{1}$ donc **l'alcool est le réactif limitant**.

L'avancement maximal de la réaction est alors : $x_{\max} = \frac{n_{Al}}{1} = 1,7 \times 10^{-1} \text{ mol.}$

Q10. Rendement de la synthèse : $R = \frac{n_{\text{exp}}(\text{ester})}{n_{\text{max}}(\text{ester})} = \frac{n_{\text{exp}}(\text{ester})}{x_{\max}} = 0,70.$

La quantité d'ester produit est : $n_{\text{exp}}(\text{ester}) = R \times x_{\max}.$

La masse d'ester produit est alors : $m = n_{\text{exp}}(\text{ester}) \times M_{\text{ester}} = R \times x_{\max} \times M_{\text{ester}}.$

Soit : $m = 0,70 \times 1,72 \times 10^{-1} \times 74,0 \text{ g} = 8,9 \text{ g.}$

Handwritten calculation: $0,79 \times 10 / 46 = 1,717391304 \times 10^{-1}$, then $1,717391304 \times 10^{-1} \times 74 = 12,7086957 \times 10^{-1} = 1,27086957$, and finally $1,27086957 \times 0,70 = 0,8896086957 \approx 0,89$.

Q11. Parmi les quatre espèces présentes dans le mélange réactionnel, l'ester est celle qui a la température d'ébullition la plus petite. L'ester est donc vaporisé en premier et extrait du mélange réactionnel au fur et à mesure de sa formation.

N'étant plus en contact avec l'eau, la réaction inverse de l'estérification (l'hydrolyse) n'est plus possible ce qui permet d'optimiser le rendement de la synthèse.

Le dosage par titrage

Q12. La **solution titrée** est celle dont on cherche la concentration. Il s'agit de la **solution S₁**.

La **solution titrante** est celle dont on connaît la concentration. Il s'agit de la **solution S₂**.

La solution titrante S₂ est placée dans la burette graduée.

Q13. À l'équivalence d'un titrage, les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques de l'équation de titrage.

L'équation de titrage est : $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{s}).$

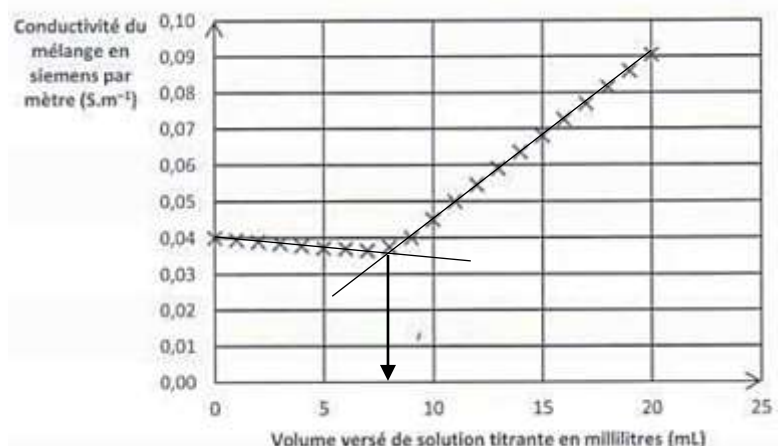
Donc à l'équivalence du titrage : $\frac{n_1(\text{Cl}^-)}{1} = \frac{n_{2E}(\text{Ag}^+)}{1}$ soit $\frac{c_1 \times V_1}{1} = \frac{c_2 \times V_{2E}}{1}$

$$c_1 = \frac{c_2 \times V_{2E}}{V_1} \text{ donc } c_1 = \frac{0,080 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 7,5 \text{ mL}}{200,0 \text{ mL}} = 3,0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

Handwritten calculation: $0,080 \times 7,5 / 200,0 = 0,003$.

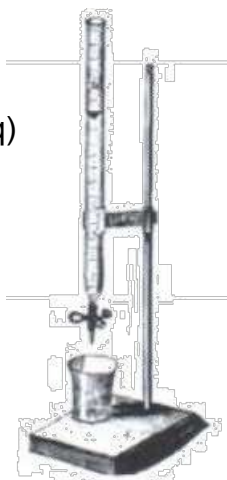
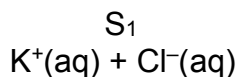
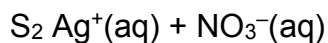
Q14. Le volume V_{2E} de solution titrante versée à l'équivalence est l'abscisse du point d'intersection des deux segments de droite du graphique avant et après la rupture de pente.

On lit $V_{2E} = 8,0 \text{ mL}.$



Q15.

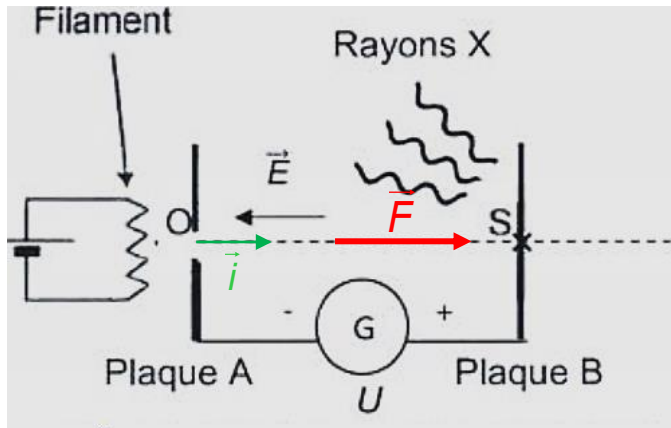
Avant l'équivalence	Après l'équivalence
<u>Ions présents dans le bécher :</u> K^+ , Cl^- et NO_3^- Ag^+ est le réactif limitant : il n'est pas présent.	<u>Ions présents dans le bécher :</u> K^+ , Ag^+ et NO_3^- Ag^+ est le réactif en excès.
<u>Évolution des concentrations des ions :</u> $[K^+]$ est constante car K^+ ne réagit pas. $[Cl^-]$ diminue car il est consommé. $[NO_3^-]$ augmente car il est apporté par la solution titrante et ne réagit pas	<u>Évolution des concentrations des ions :</u> $[K^+]$ est encore constante. $[Ag^+]$ augmente car il n'est plus consommé. $[NO_3^-]$ augmente encore.
<u>Conductivité :</u> $\sigma = \lambda_{K^+} \times [K^+] + \lambda_{Cl^-} \times [Cl^-] + \lambda_{NO_3^-} \times [NO_3^-]$ $= \quad \searrow \quad \nearrow$ Cl^- est légèrement plus conducteur que NO_3^- $(\lambda(Cl^-) = 7,6 > \lambda(NO_3^-) = 7,1 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1})$. $\Rightarrow \sigma$ diminue légèrement avant l'équivalence	<u>Conductivité :</u> $\sigma = \lambda_{K^+} \times [K^+] + \lambda_{Ag^+} \times [Ag^+] + \lambda_{NO_3^-} \times [NO_3^-]$ $= \quad \nearrow \quad \nearrow$ $\Rightarrow \sigma$ augmente fortement après l'équivalence.



Production de rayons X

Q1. Force électrique subie par l'électron de charge $q = -e$: $\vec{F} = q\vec{E} = -e\vec{E}$.

Les vecteurs \vec{F} et \vec{E} sont colinéaires et de sens opposés :



Q2. Système {électron} de masse m .
Référentiel terrestre supposé galiléen.
Repère (O, \vec{i}) d'axe Ox horizontal orienté vers la droite.

Forces : $\vec{F} = -e\vec{E}$

Le poids de l'électron est négligé devant la force électrique.

Deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{ext.} = m\vec{a}$ soit ici : $-e\vec{E} = m\vec{a}$ d'où : $\vec{a} = -\frac{e}{m}\vec{E}$.

Or : $\vec{E} = -E\vec{i}$ donc $\boxed{\vec{a} = \frac{eE}{m}\vec{i}}$

Q3. On a : $\vec{a} = a_x\vec{i} = \frac{dv_x}{dt}\vec{i}$ donc $a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{eE}{m}$.

En primitivant : $v_x(t) = \frac{eE}{m}t + C_1$ où C_1 est une constante.

Initialement, la vitesse de l'électron est nulle $v_x(0) = 0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ soit $0 + C_1 = 0$.

Donc $\boxed{v_x(t) = \frac{eE}{m}t}$

Et : $\vec{v} = v_x\vec{i} = \frac{dx}{dt}\vec{i}$ donc $v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{eE}{m}t$.

En primitivant : $x(t) = \frac{1}{2}\frac{eE}{m}t^2 + C_2$ où C_2 est une constante.

Initialement, l'électron est situé à l'origine O du repère $x(0) = 0 \text{ m}$ soit $0 + C_2 = 0$.

Finalement : $\boxed{x(t) = \frac{eE}{2m}t^2}$

Q4. Au point S, l'électron a parcouru la distance $d = OS = 1,00 \text{ cm}$ à la date t_s telle que :

$d = x(t_s) = \frac{eE}{2m}t_s^2$ soit $t_s^2 = \frac{2md}{eE}$ donc, en ne conservant que la solution positive :

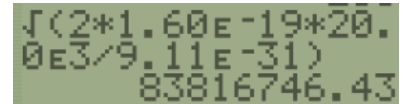
$$t_s = \sqrt{\frac{2md}{eE}}$$

On reporte l'expression de t_s dans $v_x(t)$: $v_x(t_s) = \frac{eE}{m} t_s$ soit $v_x(t_s) = \frac{eE}{m} \sqrt{\frac{2md}{eE}}$

$$v_x(t_s) = \sqrt{\frac{2md(eE)^2}{eEm^2}} = \sqrt{\frac{2deE}{m}}$$

Comme $v_s = \sqrt{v_x^2(t_s)}$ il vient : $v_s = \sqrt{\frac{2deE}{m}}$

Et $E = \frac{U}{d}$ donc $v_s = \sqrt{\frac{2deU}{md}}$ et finalement : $v_s = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$



$$v_s = \sqrt{\frac{2 \times 1,60 \times 10^{-19} \times 20,0 \times 10^3}{9,11 \times 10^{-31}}} = 8,38 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Remarque : on peut retrouver l'expression de v_s en utilisant le théorème de l'énergie cinétique entre les points O et S.

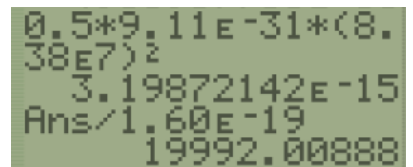
Théorème de l'énergie cinétique : $E_c(S) - E_c(O) = W_{os}(\vec{F})$ soit ici comme $E_c(O) = 0 \text{ J}$:

$$\frac{1}{2}mv_s^2 = \vec{F} \cdot \vec{OS} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_s^2 = -e\vec{E} \cdot \vec{OS} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_s^2 = -eEd \cos(180^\circ) \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_s^2 = eEd$$

$$\frac{1}{2}mv_s^2 = e \frac{U}{d} d \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_s^2 = eU \text{ donc } v_s = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$$

Q5. $E_{c_s} = \frac{1}{2}mv_s^2$

soit $E_{c_s} = \frac{1}{2} \times 9,11 \times 10^{-31} \times (8,38 \times 10^7)^2 \text{ J} = 3,20 \times 10^{-15} \text{ J}$



Or $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$ donc $E_{c_s} = \frac{3,20 \times 10^{-15}}{1,60 \times 10^{-19}} \text{ eV} = 2,00 \times 10^4 \text{ eV}$

Comme $E_{c_s} < 6,90 \times 10^4 \text{ eV}$, l'énergie cinétique de l'électron est insuffisante pour produire des rayons X.

Q6. $E_{c_s} = \frac{1}{2}mv_s^2$ et $v_s = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$ donc l'énergie cinétique de l'électron est d'autant plus grande que sa vitesse est grande et donc d'autant plus grande que la tension électrique U est grande.

La tension électrique qui permettrait d'augmenter la valeur de l'énergie cinétique de l'électron est donc $U_2 = 70 \text{ kV}$.

Détermination de la distance entre deux molécules

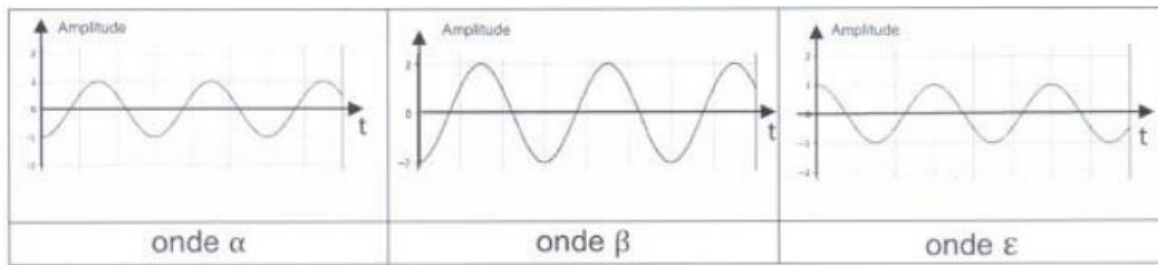


Figure 3. Graphiques représentant l'amplitude de trois ondes de même fréquence en fonction du temps.

- Q7.** Les interférences sont **constructives** lorsque les ondes qui interfèrent sont **en phase**. C'est les cas des **ondes α et β**.
Les interférences sont **destructives** lorsque les ondes qui interfèrent sont **en opposition de phase**. C'est les cas des **ondes α et ε** ou des **ondes β et ε**.
- Q8.** Les interférences sont constructives si $\delta = k \times \lambda$ avec k entier.
Pour une différence de chemin optique minimale $k = 1$ donc $\delta = \lambda$.
Par ailleurs : $\delta = 2 \cdot L \cdot \sin\theta$ donc $2 \cdot L \cdot \sin\theta = \lambda$.

D'où :
$$L = \frac{\lambda}{2 \sin\theta}$$

Avec $\lambda = 0,150 \text{ nm} = 0,150 \times 10^{-9} \text{ m}$ et $\theta = 10^\circ$, il vient :

$$L = \frac{0,150 \times 10^{-9}}{2 \times \sin(10)} \text{ m} = 4,3 \times 10^{-10} \text{ m}.$$

```
0.150E-9/(2*sin(10))
4.31907786E-10
```

Étude thermodynamique de la PAC.

Q1. Identifier, en le justifiant, le mode de transfert thermique s'effectuant au travers d'un mur.

À l'intérieur du mur la chaleur se propage de proche en proche par conduction.

Q2. Indiquer, en utilisant les deux relations précédentes, comment évolue le flux thermique ϕ lorsque l'épaisseur e du mur augmente.

$$\phi = \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_{th}} \text{ et } R_{th} = \frac{e}{\lambda.S}$$

$$\phi = \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{e}{\lambda.S}} = (T_{int} - T_{ext}) \times \frac{\lambda.S}{e}$$

Ainsi lorsque l'épaisseur du mur augmente, tous les autres paramètres étant inchangés, alors le flux thermique diminue.

Q3. Indiquer et justifier le sens du transfert thermique $Q_{rad/air}$ s'opérant entre les radiateurs et l'air intérieur de la maison.

Le transfert thermique a toujours lieu du corps chaud vers le corps froid.

Les radiateurs cèdent de la chaleur à l'air de la maison.

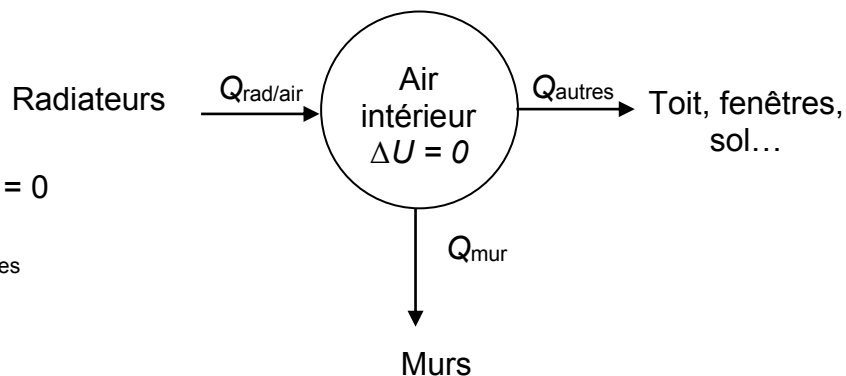
Q4. En utilisant le premier principe de la thermodynamique au système « air intérieur », montrer que : $Q_{rad/air} = -Q_{mur} - Q_{autres}$.

D'après le premier principe $\Delta U = W + Q$.

Pour le système « air intérieur » on nous indique qu'il n'y a pas d'échange de travail avec l'extérieur donc $W = 0$, alors $\Delta U = Q$.

La température de l'air intérieur est maintenue constante, donc $\Delta U = 0$, alors $Q = 0$.

Le système reçoit autant de chaleur (comptée positivement) qu'il en cède (comptée négativement).



$$Q_{rad/air} + Q_{mur} + Q_{autres} = 0$$

$$Q_{rad/air} = -Q_{mur} - Q_{autres}$$

Q5. À l'aide des données, calculer la valeur de $Q_{rad/air}$.

$$Q_{rad/air} = -Q_{mur} - Q_{autres}$$

$$Q_{rad/air} = -(-4,3) - (-7,1) = 11,4 \text{ MJ}$$

Q6. En déduire si la puissance de la PAC est suffisante pour chauffer l'eau des radiateurs.

$$P = \frac{E}{\Delta t} = \frac{Q_{air/rad}}{\Delta t}$$

$$P = \frac{11,4 \text{ MJ}}{1h} = \frac{11,4 \text{ MJ}}{3600 \text{ s}} = 3,17 \times 10^3 \text{ W} = 3,17 \text{ kW}$$

La puissance indiquée dans les données est de 7,0 kW. Elle est bien supérieure à la puissance nécessaire pour chauffer l'eau des radiateurs. La PAC convient.

Étude sonore de la PAC.

La législation impose de limiter l'émergence sonore nocturne à 3 dB. L'émergence sonore est définie par la différence entre le niveau sonore ambiant comportant celui de la PAC, et le niveau sonore habituel sans tenir compte de la PAC.

Q7. Vérifier que la valeur du niveau d'intensité sonore L est égale à 48 dB.

Le module extérieur produit $L_1 = 46$ dB et le bruit habituel produit $L_2 = 44$ dB.

Ces deux sources sonores produisent un son d'intensité $I = I_1 + I_2$.

$$L = 10 \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$$\text{donc } \frac{L}{10} = \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$$\text{et } \frac{I}{I_0} = 10^{\frac{L}{10}}$$

$$\text{finalement } I = I_0 \cdot 10^{L/10}$$

$$I = I_1 + I_2$$

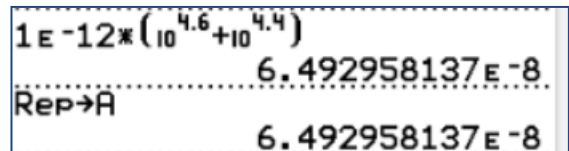
$$I = I_0 \cdot 10^{L_1/10} + I_0 \cdot 10^{L_2/10}$$

$$I = I_0 \cdot (10^{L_1/10} + 10^{L_2/10})$$

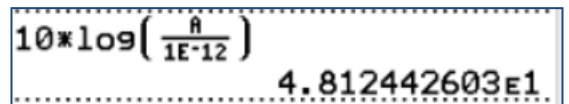
$$I = 1,0 \times 10^{-12} \times (10^{4,6} + 10^{4,4}) = 6,5 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}$$

$$L = 10 \cdot \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$$L = 10 \times \log\left(\frac{6,5 \times 10^{-8}}{1,0 \times 10^{-12}}\right) = 48 \text{ dB}$$



Handwritten calculation of intensity I :
 $1 \text{ E } -12 * (10^{4,6} + 10^{4,4})$
Result: $6.492958137 \text{ E } -8$
Rep→R: $6.492958137 \text{ E } -8$



Handwritten calculation of level L :
 $10 * \log\left(\frac{6,5}{1 \text{ E } -12}\right)$
Result: $4.812442603 \text{ E } 1$

Q8. En déduire si le propriétaire expose son voisinage à des nuisances sonores nocturnes supérieures au seuil réglementaire.

Niveau sonore ambiant comportant celui de la PAC : $L = 48$ dB

Niveau sonore habituel sans tenir compte de la PAC : $L_2 = 44$ dB.

L'émergence sonore est la différence entre ces deux niveaux, elle vaut $48 - 44 = 4$ dB.

Comme elle est supérieure à 3 dB, le propriétaire ne respecte pas le seuil réglementaire.

En cas d'erreur, merci de nous envoyer un email : labolycee@labolycee.org