

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL BLANC

PHYSIQUE-CHIMIE

Epreuve de spécialité

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30

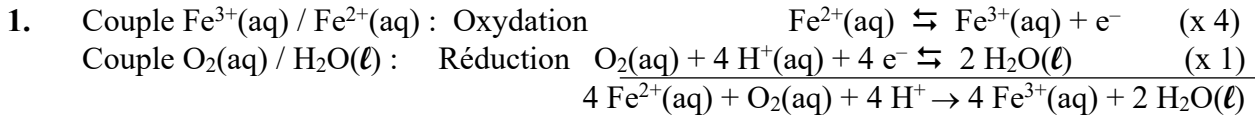
L'usage d'une calculatrice EST autorisé

SUJET 2

- Exercice 1: UN CHIMISTE QUI MÉRITE D'ÊTRE CONNU (9 POINTS)**
- Exercice 2: INSTALLATION DE L'HOMME SUR LA LUNE (6 POINTS)**
- Exercice 3: POMPE À CHALEUR ET HABITATION (5 POINTS)**

EXERCICE 1: UN CHIMISTE QUI MÉRITE D'ÊTRE CONNU : KARL FRIEDRICH MOHR

(9 POINTS)



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

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

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

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

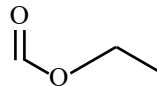
4. (1) : réfrigérant à boules ;
 (2) : ballon ;
 (3) : agitateur magnétique chauffant ; (en général, on utilise plutôt un chauffe-ballon)
 (4) : support élévateur.

5. Acide méthanoïque : $\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$ groupe carboxyle.

Éthanol : $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$ groupe hydroxyle.

Méthanoate d'éthyle : $\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ groupe ester.

6. Formule topologique du méthanoate d'éthyle :



7. 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.

8. L'acide sulfurique joue le rôle de **catalyseur**.

9. Quantités initiales des réactifs :

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

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

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 : $x_{\max} = \frac{n_{Al}}{1} = 1,7 \times 10^{-1} \text{ mol.}$

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

11. 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

12. 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.

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

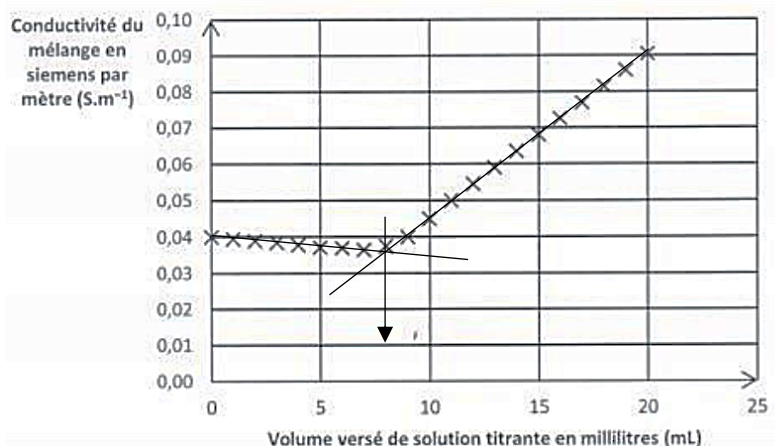
L'équation de titrage est : $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{s}).$

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

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

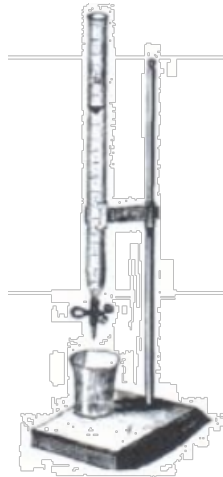
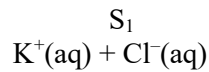
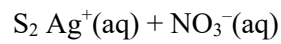
14. Le volume V_{2E} de solution titrante versée à l'équivalence est l'abscisse du point d'intersection des deux segments de droite du graphique avant et après la rupture de pente.

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



15.

Avant l'équivalence	Après l'équivalence
<p><u>Ions présents dans le bécher :</u> K^+, Cl^- et NO_3^- Ag^+ est le réactif limitant : il n'est pas présent.</p> <p><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</p> <p><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^- $(\lambda(Cl^-) = 7,6 > \lambda(NO_3^-) = 7,1 \text{ mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1})$.</p> <p>$\Rightarrow \sigma$ diminue légèrement avant l'équivalence</p>	<p><u>Ions présents dans le bécher :</u> K^+, Ag^+ et NO_3^- Ag^+ est le réactif en excès.</p> <p><u>Évolution des concentrations des ions :</u> $[K^+]$ est encore constante. $[Ag^+]$ augmente car il n'est plus consommé. $[NO_3^-]$ augmente encore.</p> <p><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.</p>



EXERCICE 2: L'INSTALLATION DE L'HOMME SUR LA LUNE (6 POINTS)

A- Étude d'un satellite de télécommunication

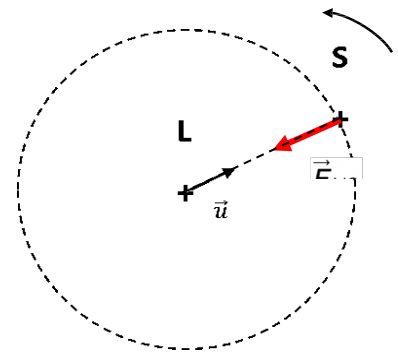
- Proposer une définition de ce que pourrait être un satellite lunostationnaire en comparant sa période de révolution autour de la Lune à la période de rotation de la Lune sur elle-même.

Un satellite lunostationnaire sera sur une orbite où il se déplace de manière exactement synchrone avec la Lune en restant constamment au-dessus du même point de la surface lunaire. Cette orbite se situera dans le plan équatorial de la Lune. Sa période révolution sera exactement la même que la période de rotation de la Lune sur elle-même.

Représenter la force d'interaction gravitationnelle $\vec{F}_{L/S}$ exercée par la Lune sur ce satellite sans souci d'échelle sur le document réponse à rendre avec la copie.

- Établir l'expression de cette force en fonction de G , M_S , M_L , d_{LS} et \vec{u} .

$$\vec{F}_{L/S} = -G \frac{M_S \cdot M_L}{d_{LS}^2} \cdot \vec{u}$$



Description du mouvement du satellite

- À l'aide de la deuxième loi de Newton, établir l'expression du vecteur accélération \vec{a}_G du centre du satellite en fonction de G , M_L , d_{LS} et \vec{u} .

Considérons comme système le satellite étudié dans un référentiel lunocentrique considéré comme galiléen.

Appliquons la deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{ext} = M_S \cdot \vec{a}_G$

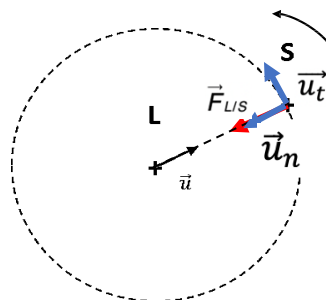
Le satellite n'est soumis qu'à la force d'interaction gravitationnelle.

$$\vec{F}_{L/S} = M_S \cdot \vec{a}_G$$

$$-G \frac{M_S \cdot M_L}{d_{LS}^2} \cdot \vec{u} = M_S \cdot \vec{a}_G$$

$$\vec{a}_G = -G \frac{M_L}{d_{LS}^2} \cdot \vec{u}$$

- Représenter le vecteur unitaire tangentiel et le vecteur unitaire normal du repère de Frenet sur le document réponse à rendre avec la copie.



5. Citer l'expression des coordonnées du vecteur accélération dans le repère de Frenet, dans le cas d'un mouvement circulaire.

$$\vec{a}_G = \frac{dv}{dt} \cdot \vec{u}_t + \frac{v^2}{d_{LS}} \cdot \vec{u}_n \quad \text{ou :} \quad \vec{a}_G \begin{cases} a_t = \frac{dv}{dt} \\ a_n = \frac{v^2}{d_{LS}} \end{cases}$$

6. En déduire l'expression de l'accélération \vec{a}_G dans le repère de Frenet en fonction de G , M_L , d_{LS} et \vec{u}_n .

$$\vec{u}_n = -\vec{u}$$

$$\vec{a}_G = -G \frac{M_L}{d_{LS}^2} \cdot \vec{u} = G \frac{M_L}{d_{LS}^2} \cdot \vec{u}_n$$

7. Justifier que la vitesse V du satellite est constante et montrer que son expression dans le

repère de Frenet en fonction de G , M_L et d_{LS} est : $v = \sqrt{\frac{G.M_L}{d_{LS}}}$

Comme $\vec{a}_G = G \cdot \frac{M_L}{d_{LS}^2} \cdot \vec{u}_n$, le vecteur n'a qu'une seule composante sur \vec{u}_n , il est donc centripète. Sa composante tangentielle est nulle.

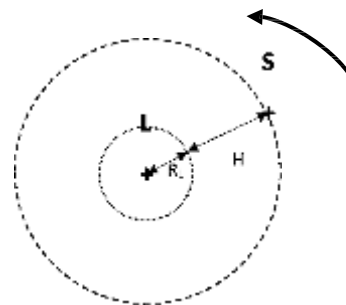
Soit : $\frac{dv}{dt} = 0$ donc la vitesse est constante

$$\frac{v^2}{d_{LS}} = G \frac{M_L}{d_{LS}^2} \quad \text{donc :} \quad v^2 = G \frac{M_L}{d_{LS}} \cdot d_{LS}$$

$$v^2 = G \frac{M_L}{d_{LS}} \quad \text{soit :} \quad v = \sqrt{\frac{G.M_L}{d_{LS}}}$$

Dans la question suivante, la qualité de la rédaction, la structuration de l'argumentation et la rigueur des calculs seront valorisées.

8. Démontrer que pour que le satellite soit fixe par rapport à la Lune, il doit être à une altitude $H = 8,67 \times 10^7$ m par rapport à la surface de la Lune.



$$T = \frac{2.\pi.d_{LS}}{v}$$

$$T = \frac{2.\pi.d_{LS}}{\sqrt{\frac{G.M_L}{d_{LS}}}}$$

$$T^2 = \frac{4.\pi^2.d_{LS}^2}{G.M_L} \cdot d_{LS}$$

$$d_{LS}^3 = \frac{G.M_L.T^2}{4.\pi^2}$$

$$R_L + H = \sqrt[3]{\frac{G.M_L.T^2}{4.\pi^2}} \quad \text{donc :} \quad H = \sqrt[3]{\frac{G.M_L.T^2}{4.\pi^2}} - R_L$$

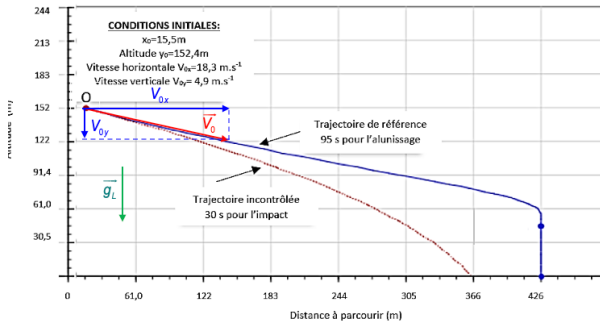
$$H = \sqrt[3]{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 7,34 \times 10^{22} \times (27,2 \times 24 \times 3600)^2}{4.\pi^2}} - 1,74 \times 10^6 = 8,64 \times 10^7 \text{ m}$$

B- Alunissage

9. Sur le **document réponse à rendre avec la copie** (en dernière page), représenter au point O, de coordonnées x_0 et y_0 , les vecteurs vitesse horizontale \vec{v}_{0x} et vitesse verticale \vec{v}_{0y} sans souci d'échelle. Représenter également le vecteur champ de pesanteur \vec{g}_L .

Le vecteur vitesse initial \vec{V}_0 est tangent à la trajectoire au point O. On identifie sa composante horizontale V_{0x} positive et sa composante verticale V_{0y} négative.

Le vecteur champ de pesanteur \vec{g}_L est vertical et orienté vers le bas.



10. À l'aide de l'équation horaire (1) et de la figure 1 calculer la durée t de descente de l'alunisseur s'il était en chute libre. Indiquer si l'alunisseur dans sa trajectoire incontrôlée est ou pas en chute libre.

L'alunisseur va toucher le sol pour $y = 0$ et $x = 366$ m (lecture graphique)

$$x(t) = v_{0x} \cdot t + x_0$$

$$v_{0x} \cdot t = x(t) - x_0$$

$$t = \frac{x(t) - x_0}{v_{0x}}$$

$$t = \frac{366 - 15,5}{18,3} = 19,2 \text{ s}$$

La durée de chute pour une trajectoire incontrôlée est de 30 s, dans ce cas de figure l'alunisseur n'est pas en chute libre.

Variante :

L'équation (1) est : $x(t) = v_{0x} \times t + x_0$ avec $v_{0x} = 18,3 \text{ m.s}^{-1}$ et $x_0 = 15,5 \text{ m}$

Pour la trajectoire incontrôlée, l'impact a lieu à la date $t = 30 \text{ s}$.

Calculons $x(t = 30 \text{ s})$: $x(t = 30 \text{ s}) = 18,3 \times 30 + 15,5 = 564,5 \text{ m}$

Cette valeur est largement supérieure à la valeur de 366 m lue sur la figure 1 donc le modèle de la chute libre n'est pas valide.

Remarque : en absence de frottements sur la Lune, on peut en déduire que des propulseurs sont allumés pour cette trajectoire.

EXERCICE 3: POMPE À CHALEUR ET HABITATION (5 POINTS)

1. 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 sans transport de matière, il s'agit d'un transfert par conduction.

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

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

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

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

3. 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.

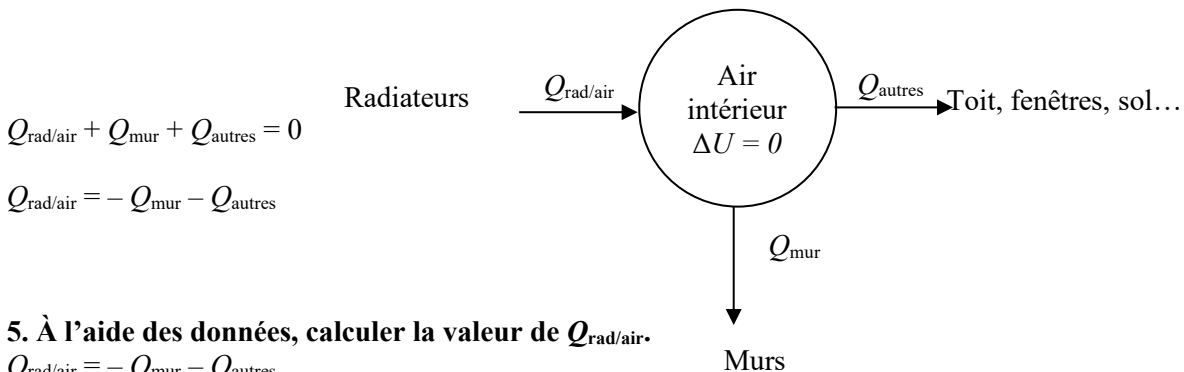
4. En utilisant le premier principe de la thermodynamique au système « air intérieur », montrer que : $Q_{rad/air} = -Q_{mur} - Q_{autres}$.

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).



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

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

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

6. 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.

7. 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 $I = I_1 + I_2$.

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

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

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

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

$$I = I_1 + I_2$$

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

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

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

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

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

8. 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.