Corrigé complet — Bac S 2008 Antilles-Guyane (ancien programme)

Physique-chimie, enseignement de spécialité **20 points** **3 h 30**

Ex 1	**Spécialité : Transmission d'ondes hertziennes** Ondes électromagnétiques et longueur d'onde · Modulation d'amplitude · Taux de modulation · Antenne accordée · Démodulation par détection d'enveloppe · Son complexe et spectre	4 pts	52 min	14 questions	p. 2
Ex 2	**Chute d'une bille dans la glycérine** Poussée d'Archimède · Frottement fluide et vitesse limite · Première et deuxième lois de Newton · Analyse dimensionnelle · Équation différentielle du premier ordre · Méthode d'Euler	5,5 pts	1 h 05	17 questions	p. 6
Ex 3	**L'eau de Javel** Électrolyse · Quantité d'électricité · Dilution · Catalyse · Suivi cinétique par mesure de pression · Temps de demi-réaction	6,5 pts	1 h 18	15 questions	p. 12
Ex 4	**Production d'une onde sonore** Circuit RLC série · Régime pseudo-périodique · Période propre · Énergies du condensateur et de la bobine · Onde sonore · Longueur d'onde et célérité	4 pts	52 min	16 questions	p. 18

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

Spécialité : Transmission d'ondes hertziennes

Bac S 2008 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 1 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 La lumière visible se situe-t-elle dans le domaine A ou dans le domaine B du spectre ? Justifier.

Données utiles domaine A : $\lambda < 1{,}0 \times 10^{-3}$ m ; domaine B : $\lambda > 1{,}0 \times 10^{4}$ m

Dans le vide, les longueurs d'onde du visible vont d'environ 400 nm à 800 nm, soit de $4{,}00 \times 10^{-7}$ m à $8{,}00 \times 10^{-7}$ m.

Ces valeurs sont très inférieures à $1{,}0 \times 10^{-3}$ m, limite basse des ondes hertziennes.

La lumière visible se situe dans le domaine **A**.

PIÈGE
L'axe est gradué en longueur d'onde, pas en fréquence : les ondes de plus petite longueur d'onde (visible, donc haute fréquence) sont à gauche.

1.2 Calculer la fréquence des ondes émises par l'oscillateur de Hertz.

Données utiles $c = 3{,}0 \times 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $\lambda = 9{,}0$ m

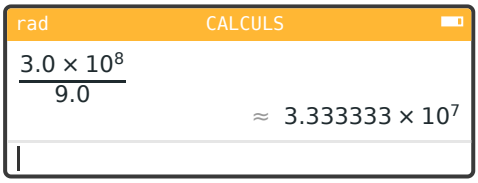
La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde en une période : $\lambda = \dfrac{c}{f}$, donc $f = \dfrac{c}{\lambda}$.

$$f = \frac{3{,}0 \times 10^{8}}{9{,}0} = 3{,}3 \times 10^{7}\ \text{Hz}$$

$f = 3{,}3 \times 10^{7}\ \text{Hz} = 33\ \text{MHz}$

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme c et λ dans l'énoncé.

À LA CALCULATRICE



2.1.1 Nommer les tensions $v(t)$ et $u(t)$ appliquées aux entrées du multiplieur. Que représente la grandeur V_m ?

Données utiles $v(t) = V_m \cos(2\pi F t)$; $u(t) = U_m \cos(2\pi f t)$; $F \gg f$

$v(t)$, de haute fréquence F, est la **porteuse**.

$u(t)$, de basse fréquence f, est le **signal modulant** : c'est lui qui contient l'information à transmettre.

V_m est l'**amplitude** de la porteuse $v(t)$, c'est-à-dire sa valeur maximale, en volts.

MÉTHODE
Pour distinguer les deux signaux, comparer les fréquences : la porteuse a toujours la fréquence la plus élevée, le signal modulant la plus basse.

2.1.2 Nommer la tension continue U_0 ajoutée à $u(t)$.

U_0 est la **tension de décalage** (ou composante continue, « offset »).

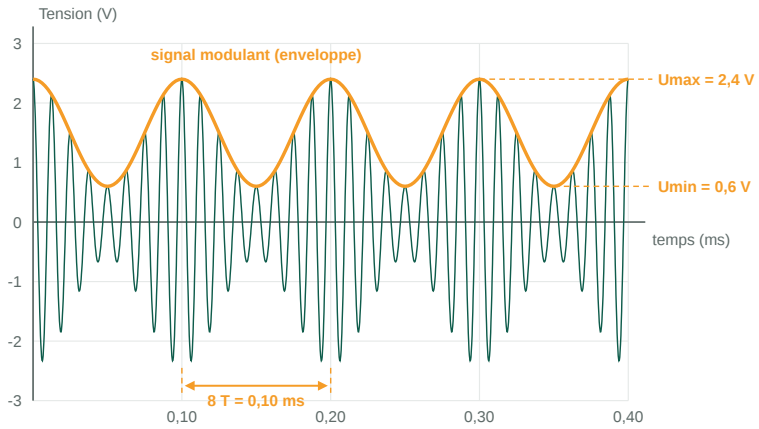
COMPRENDRE
Grâce à ce décalage, $u(t) + U_0$ reste toujours positive si $U_0 > U_m$: l'enveloppe du signal modulé reproduit alors fidèlement le signal modulant.

2.2.1 Tracer le signal modulant sur la figure 5 de l'annexe.

L'amplitude du signal modulé varie comme $u(t) + U_0$. On relie donc les sommets des oscillations rapides par une courbe continue : cette enveloppe supérieure est une sinusoïde.

Le signal modulant correspond à l'**enveloppe supérieure** de $s(t)$, tracée en orange sur la figure.

PIÈGE
Ne pas relier les sommets par des segments de droite : l'enveloppe est une sinusoïde, arrondie aux maximums comme aux minimums.



2.2.1 · Figure 5 complétée : enveloppe supérieure (signal modulant) et lectures utiles aux questions 2.2.2 et 2.2.3

2.2.2 À l'aide de la figure 5, calculer la période du signal modulé et en déduire sa fréquence.

Données utiles figure 5 : 8 oscillations rapides entre $t = 0{,}10$ ms et $t = 0{,}20$ ms

On compte 8 périodes entre les dates 0,10 ms et 0,20 ms : $8T = 0{,}20 - 0{,}10 = 0{,}10$ ms.

$$T = \frac{0{,}10 \times 10^{-3}}{8} = 1{,}25 \times 10^{-5}\ \text{s} \approx 1{,}3 \times 10^{-5}\ \text{s}$$

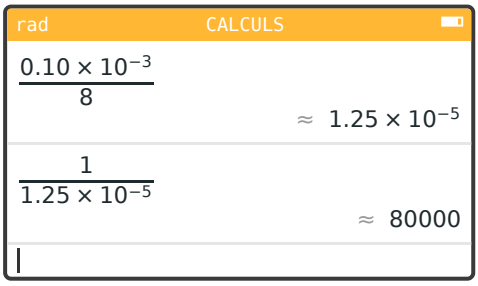
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1{,}25 \times 10^{-5}} = 8{,}0 \times 10^{4}\ \text{Hz}$$

$T \approx 1{,}3 \times 10^{-5}$ s et $f = 8{,}0 \times 10^{4}$ Hz $= 80$ kHz

PIÈGE
La période demandée est celle des oscillations rapides (celle de la porteuse), et non celle de l'enveloppe, qui vaut 0,10 ms.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs périodes puis diviser réduit l'incertitude de lecture. On garde la valeur non arrondie de T pour calculer f.

À LA CALCULATRICE



2.2.3 Calculer le taux de modulation $m = \dfrac{U_{max} - U_{min}}{U_{max} + U_{min}}$ à l'aide de la figure 5.

Données utiles figure 5 : $U_{max} = 2{,}4$ V ; $U_{min} = 0{,}6$ V

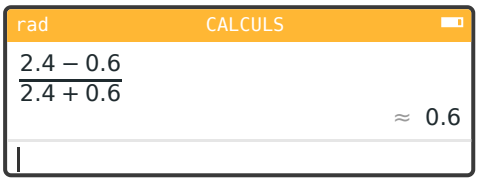
Sur l'enveloppe supérieure, on lit la plus grande amplitude $U_{max} = 2{,}4$ V et la plus petite $U_{min} = 0{,}6$ V.

$$m = \frac{2{,}4 - 0{,}6}{2{,}4 + 0{,}6} = \frac{1{,}8}{3{,}0} = 0{,}60$$

$m = 0{,}60$

PIÈGE
U_{min} est le minimum de l'enveloppe supérieure (0,6 V), pas la valeur la plus basse de la tension ($-2{,}4$ V). Le taux m n'a pas d'unité.

À LA CALCULATRICE



2.2.4 La modulation est-elle satisfaisante ? Justifier.

Données utiles $m = 0{,}60$ (2.2.3)

Le taux de modulation est inférieur à 1 : il n'y a pas de surmodulation. L'enveloppe du signal modulé a bien la même forme que le signal modulant.

$m = 0{,}60 < 1$: la modulation est **satisfaisante**.

COMPRENDRE
Si $m > 1$, les enveloppes supérieure et inférieure se croisent : l'enveloppe ne reproduit plus le signal modulant et la démodulation restitue un signal déformé.

2.3 Quelle est la longueur d'onde maximale de l'onde radio que l'antenne de la tour Eiffel peut émettre ? Pouvait-on émettre toute la gamme des grandes ondes ? Justifier.

Données utiles hauteur de l'antenne $L = 324$ m ; antenne verticale reliée au sol : $L = \dfrac{\lambda}{4}$; grandes ondes : $1052\ \text{m} \leqslant \lambda \leqslant 2000\ \text{m}$

L'antenne est verticale et reliée au sol : elle est accordée si sa longueur vaut le quart de la longueur d'onde. La plus grande longueur d'onde correspond à la totalité de la hauteur :

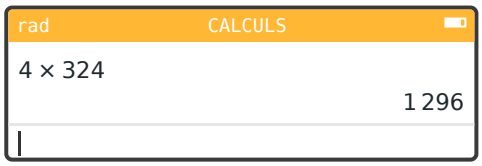
$$\lambda_{max} = 4\,L = 4 \times 324 = 1296\ \text{m}$$

Or $\lambda_{max} < 2000$ m : les longueurs d'onde comprises entre 1296 m et 2000 m demanderaient une antenne plus haute.

$\lambda_{max} = 1296\ \text{m} \approx 1{,}30\ \text{km}$: on ne peut émettre qu'une partie des grandes ondes, de 1052 m à 1296 m.

PIÈGE
Prendre $L = \lambda/2$: cette condition vaut pour une antenne isolée. Ici le sol joue le rôle de réflecteur, il faut le quart de la longueur d'onde.

À LA CALCULATRICE



3.1.1 Quel est le rôle de l'élément 1 de la chaîne de réception ? Comment l'appelle-t-on ?

L'antenne reçoit en même temps les ondes de tous les émetteurs. L'élément 1, association en parallèle d'une bobine et d'un condensateur, ne conserve que le signal dont la fréquence est proche de sa fréquence propre : il sélectionne la porteuse de l'émetteur choisi.

L'élément 1 est le **circuit d'accord** (circuit LC parallèle, ou circuit bouchon) : il sélectionne la station à recevoir.

COMPRENDRE
La fréquence propre du circuit vaut $f_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{L\,C_1}}$. Changer de station revient à modifier C_1 ou L pour que f_0 soit égale à la fréquence de la porteuse voulue.

3.1.2 Quel est le rôle de l'élément 2 ? Détailler le rôle de la diode.

L'élément 2 **démodule** le signal reçu : il restitue le signal modulant à partir du signal modulé.

- La diode ne laisse passer le courant que dans un sens : elle supprime les alternances négatives de la tension modulée (redressement).
- L'ensemble R_1C_2 élimine ensuite la porteuse : il ne reste que l'enveloppe (détection d'enveloppe).
- L'ensemble C_3R_2 supprime la tension de décalage.

L'élément 2 est le **démodulateur** ; sa diode **redresse** la tension en supprimant les alternances négatives.

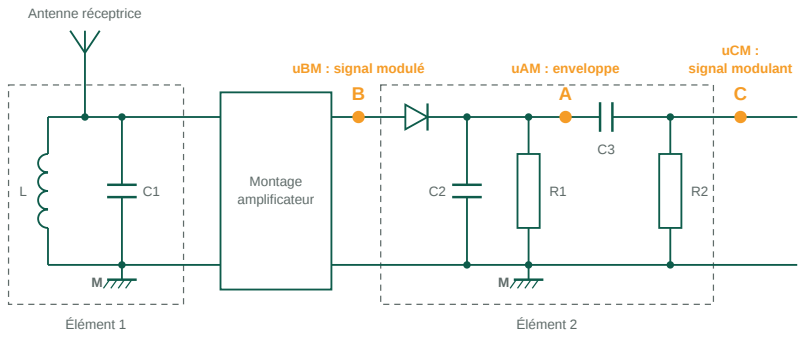
PIÈGE
La diode seule ne démodule pas : sans le condensateur C_2 et la résistance R_1, on garderait les oscillations rapides de la porteuse, simplement privées de leur partie négative.

3.2 Placer sur la figure 8 de l'annexe les points A, B et C permettant d'obtenir les tensions u_{AM}, u_{BM} et u_{CM} de la figure 7.

- u_{BM} (figure 7b) est la tension modulée, avec ses alternances négatives : B est à la sortie de l'amplificateur, avant la diode.
- u_{AM} (figure 7a) est l'enveloppe, toujours positive, encore décalée : A est après la diode, aux bornes de R_1 et C_2.
- u_{CM} (figure 7c) est une sinusoïde centrée sur 0 V : C est après le condensateur C_3, aux bornes de R_2.

Dans le sens de parcours du signal : **B** avant la diode, **A** entre R_1 et C_3, **C** après C_3 (voir la figure).

MÉTHODE
Lire chaque oscillogramme : porteuse présente ou non, composante continue présente ou non. Chaque étage du récepteur retire un seul de ces éléments.



3.2 · Figure 8 complétée : B avant la diode, A après la diode, C après le condensateur C_3

4.1 L'oscillogramme obtenu en parlant dans le microphone n'est pas sinusoïdal. Que peut-on en conclure sur la nature du son émis ?

Un son pur correspond à un signal sinusoïdal. Ce n'est pas le cas ici.

Le son de la voix n'est pas un son pur : c'est un **son complexe**.

4.2 L'utilisation d'un analyseur de spectre pourrait-elle donner d'autres informations ? Lesquelles ?

Oui. L'analyseur fournit le spectre en fréquences du signal : il indique les fréquences qui composent le son (le fondamental et ses harmoniques) ainsi que l'amplitude relative de chacune.

Le spectre donne la **fréquence du fondamental**, celles des **harmoniques** et leurs **amplitudes relatives**.

COMPRENDRE
Les harmoniques ont des fréquences multiples de celle du fondamental. Cette analyse d'un son (harmoniques, hauteur, timbre) relevait de l'ancien programme : elle ne figure plus dans celui de la spécialité actuelle.

Chute d'une bille dans la glycérine

Bac S 2008 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 2 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

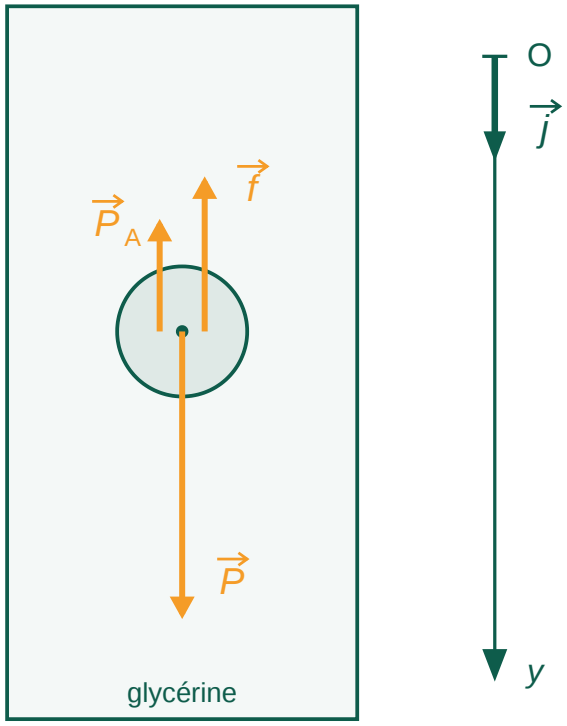
1.1 Représenter sur un schéma, sans souci d'échelle, les forces appliquées à la bille en mouvement dans le liquide : poids $\vec{P}$, poussée d'Archimède $\vec{P}_A$ et force de frottement fluide $\vec{f}$.

Les trois forces sont verticales :

- le poids $\vec{P}$, vers le bas ;
- la poussée d'Archimède $\vec{P}_A$, vers le haut ;
- la force de frottement $\vec{f}$, opposée au vecteur vitesse, donc vers le haut puisque la bille descend.

Schéma ci-dessous : $\vec{P}$ vers le bas, $\vec{P}_A$ et $\vec{f}$ vers le haut.

PIÈGE
Dessiner $\vec{f}$ vers le bas. Le frottement s'oppose toujours au mouvement : la bille descend, donc $\vec{f}$ pointe vers le haut, comme $\vec{P}_A$.



1.1 · Forces appliquées à la bille pendant la chute (sans souci d'échelle)

1.2 Exprimer littéralement la valeur P du poids de la bille en fonction de ρ, V et g.

$P = m\,g$ et la masse de la bille est $m = \rho\,V$.

$$P = \rho\,V\,g$$

1.3 Exprimer la valeur P_A de la poussée d'Archimède en fonction de ρ_0, V et g.

La poussée d'Archimède a pour valeur le poids du liquide déplacé. La bille est entièrement immergée : elle déplace un volume V de glycérine, de masse $\rho_0\,V$.

$$P_A = \rho_0\,V\,g$$

PIÈGE
Utiliser ρ (l'acier) à la place de ρ_0. La poussée d'Archimède dépend de la masse volumique du fluide, pas de celle de l'objet.

1.4.1 La bille atteint sa vitesse limite avant le repère R_1. Quel est son mouvement entre R_1 et R_2 ? Justifier.

La trajectoire est une droite verticale. Entre R_1 et R_2, la vitesse limite est déjà atteinte : la valeur de la vitesse reste égale à v_{lim}. Le vecteur vitesse est donc constant.

Le mouvement de la bille est **rectiligne uniforme**.

1.4.2 Quelle est alors la relation vectorielle liant les forces appliquées à la bille ? Justifier.

Dans le référentiel terrestre galiléen, le mouvement de la bille est rectiligne uniforme. D'après la première loi de Newton (principe d'inertie), les forces appliquées à la bille se compensent.

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

PIÈGE
Écrire $P + P_A + f = 0$ avec les valeurs : c'est faux, une somme de nombres positifs n'est pas nulle. La relation demandée est vectorielle.

1.5.1 La force de frottement est $\vec{f} = -6\pi\,\eta\,r\,\vec{v}$. À la suite d'une analyse dimensionnelle, donner l'unité de η.

En valeur, $f = 6\pi\,\eta\,r\,v$, donc $\eta = \dfrac{f}{6\pi\,r\,v}$; le facteur 6π est sans dimension.

Une force est le produit d'une masse par une accélération : $[f] = \mathrm{M}\cdot\mathrm{L}\cdot\mathrm{T}^{-2}$.

$$[\eta] = \frac{[f]}{[r]\,[v]} = \frac{\mathrm{M}\cdot\mathrm{L}\cdot\mathrm{T}^{-2}}{\mathrm{L}\times\mathrm{L}\cdot\mathrm{T}^{-1}} = \mathrm{M}\cdot\mathrm{L}^{-1}\cdot\mathrm{T}^{-1}$$

η s'exprime en $\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^{-1}\cdot\mathrm{s}^{-1}$.

COMPRENDRE
Cette unité est aussi le pascal seconde : $1\ \mathrm{Pa}\cdot\mathrm{s} = 1\ \mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^{-1}\cdot\mathrm{s}^{-1}$. C'est l'unité « SI » de la question 1.6.3.

MÉTHODE
Pour l'unité d'une force, partir de $F = m\,a$: un newton vaut un $\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-2}$. On isole ensuite la grandeur cherchée et on simplifie les dimensions.

1.5.2 En projetant la relation de la question 1.4.2 sur l'axe $(O,\vec{j})$, montrer que $\eta = \dfrac{2\,r^2\,g\,(\rho-\rho_0)}{9\,v_{lim}}$.

Avec $\vec{j}$ orienté vers le bas et $\vec{v} = v_{lim}\,\vec{j}$: $\vec{P} = \rho V g\,\vec{j}$, $\vec{P}_A = -\rho_0 V g\,\vec{j}$ et $\vec{f} = -6\pi\,\eta\,r\,v_{lim}\,\vec{j}$.

La projection de $\vec{P} + \vec{P}_A + \vec{f} = \vec{0}$ sur l'axe donne :

$$\rho V g - \rho_0 V g - 6\pi\,\eta\,r\,v_{lim} = 0 \quad \text{soit} \quad \eta = \frac{V g\,(\rho-\rho_0)}{6\pi\,r\,v_{lim}}$$

Avec $V = \dfrac{4}{3}\pi r^3$: $\eta = \dfrac{4\pi r^3\,g\,(\rho-\rho_0)}{3\times 6\pi\,r\,v_{lim}}$, et comme $\dfrac{4}{18} = \dfrac{2}{9}$:

$\eta = \dfrac{2\,r^2\,g\,(\rho-\rho_0)}{9\,v_{lim}}$: c'est la relation attendue.

PIÈGE
Se tromper de signe en projetant. L'axe est orienté vers le bas : seul le poids a une coordonnée positive, $\vec{P}_A$ et $\vec{f}$ ont une coordonnée négative.

1.6.1 Calculer la vitesse limite v_{lim} de la bille.

Données utiles $h = 40{,}0$ cm ; $\Delta t' = 1{,}66$ s

Le mouvement est uniforme entre R_1 et R_2 : $v_{lim} = \dfrac{h}{\Delta t'}$.

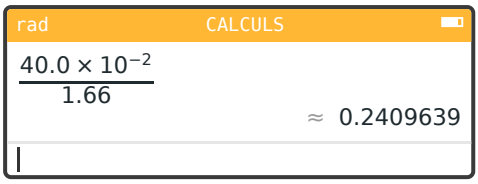
$$v_{lim} = \frac{40{,}0\times 10^{-2}}{1{,}66} = 0{,}241\ \mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}$$

$v_{lim} = 0{,}241\ \mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}$

PIÈGE
Laisser h en centimètres : on obtiendrait 24,1, qui n'est pas en $\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-1}$.

COMPRENDRE
Les données h et $\Delta t'$ ont trois chiffres significatifs : le résultat en garde trois. Cette règle vaut pour tous les calculs de l'exercice.

À LA CALCULATRICE



1.6.2 En déduire la valeur expérimentale de la viscosité η de la glycérine à la température d'étude.

Données utiles $r = 5{,}00$ mm ; $g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$; $\rho = 7{,}80 \times 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $\rho_0 = 1{,}26 \times 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$; v_{lim} (1.6.1)

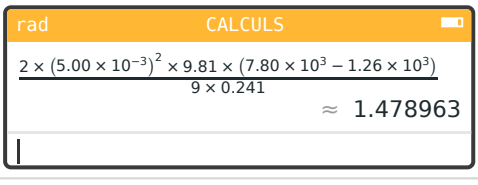
$$\eta = \frac{2\,r^2\,g\,(\rho - \rho_0)}{9\,v_{lim}} \text{ avec } r = 5{,}00 \times 10^{-3} \text{ m :}$$

$$\eta = \frac{2 \times (5{,}00 \times 10^{-3})^2 \times 9{,}81 \times (7{,}80 \times 10^3 - 1{,}26 \times 10^3)}{9 \times 0{,}241}$$

$\eta = 1{,}48\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ à 20 °C

PIÈGE
Oublier de convertir le rayon en mètres. Comme r est au carré, l'erreur multiplie le résultat par un million.

À LA CALCULATRICE



1.6.3 La valeur théorique est $\eta_{thé} = 1{,}49$ SI. Par un calcul d'écart relatif, comparer la valeur expérimentale de η à sa valeur théorique.

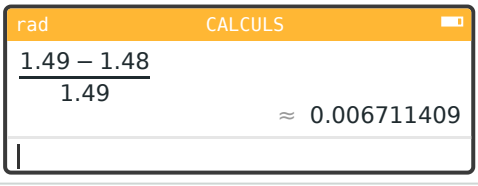
Données utiles $\eta = 1{,}48$ SI (1.6.2)

$$\frac{|\eta - \eta_{thé}|}{\eta_{thé}} = \frac{|1{,}48 - 1{,}49|}{1{,}49} = 6{,}7 \times 10^{-3} \approx 0{,}7\ \%$$

Écart relatif de $0{,}7\ \%$: la valeur expérimentale est très proche de la valeur théorique, la mesure est satisfaisante.

MÉTHODE
Écart relatif : différence entre valeur mesurée et valeur de référence, en valeur absolue, divisée par la valeur de référence. Toujours conclure par une phrase.

À LA CALCULATRICE



2.1 À l'aide de la deuxième loi de Newton, montrer que la vitesse vérifie $\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} + A\,v = B$ avec $A = 34{,}4\ \mathrm{s}^{-1}$ et $B = 8{,}23\ \mathrm{m\cdot s}^{-2}$. Identifier les expressions de A et B.

Données utiles $\eta_{thé} = 1{,}49$ SI ; r, ρ, ρ_0, g (données du sujet)

Système {bille}, de masse $m = \rho V$; référentiel terrestre supposé galiléen ; forces : $\vec{P}$, $\vec{P}_A$, $\vec{f}$.

Deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{P}_A + \vec{f} = m\vec{a}$. En projection sur l'axe $(O, \vec{j})$, avec $a = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$:

$$\rho V g - \rho_0 V g - 6\pi\,\eta\,r\,v = \rho V \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$$

En divisant par ρV : $\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} + \frac{6\pi\,\eta\,r}{\rho V} v = g\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)$

Par identification, et avec $V = \frac{4}{3}\pi r^3$: $A = \frac{6\pi\,\eta\,r}{\rho V} = \frac{9\,\eta}{2\,\rho\,r^2}$ et $B = g\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)$.

$A = \frac{9 \times 1{,}49}{2 \times 7{,}80 \times 10^3 \times (5{,}00 \times 10^{-3})^2} = 34{,}4\ \mathrm{s}^{-1}$ $\quad B = 9{,}81 \times \left(1 - \frac{1{,}26 \times 10^3}{7{,}80 \times 10^3}\right) = 8{,}23\ \mathrm{m\cdot s}^{-2}$

$A = \frac{9\,\eta}{2\,\rho\,r^2} = 34{,}4\ \mathrm{s}^{-1}$ et $B = g\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) = 8{,}23\ \mathrm{m\cdot s}^{-2}$: valeurs attendues.

COMPRENDRE
La valeur $A = 34{,}4\ \mathrm{s}^{-1}$ de l'énoncé correspond à la viscosité théorique $1{,}49$ SI. Avec la valeur expérimentale $1{,}48$ SI, on trouverait $34{,}2\ \mathrm{s}^{-1}$.

MÉTHODE
Pour une équation différentielle de chute : deuxième loi de Newton, projection sur l'axe, puis division par la masse pour que le coefficient de $\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$ soit égal à 1.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{9 \times 1.49}{2 \times 7.80 \times 10^3 \times (5.00 \times 10^{-3})^2} \approx 34.38462$

$9.81 \times \left(1 - \frac{1.26 \times 10^3}{7.80 \times 10^3}\right) \approx 8.225308$

2.2 En déduire la valeur de la vitesse limite atteinte par la bille. Est-elle en accord avec la valeur expérimentale de la question 1.6.1 ?

Données utiles $A = 34{,}4\ \mathrm{s}^{-1}$; $B = 8{,}23\ \mathrm{m\cdot s}^{-2}$; $v_{lim,exp} = 0{,}241\ \mathrm{m\cdot s}^{-1}$ (1.6.1)

Quand la vitesse limite est atteinte, v est constante : $\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = 0$.

L'équation devient $A\,v_{lim} = B$, soit $v_{lim} = \frac{B}{A}$.

$$v_{lim} = \frac{8{,}23}{34{,}4} = 0{,}239\ \mathrm{m\cdot s}^{-1}$$

Écart relatif avec la valeur expérimentale : $\frac{0{,}241 - 0{,}239}{0{,}241} = 0{,}8\ \%$.

$v_{lim} = 0{,}239\ \mathrm{m\cdot s}^{-1}$, en accord avec la valeur expérimentale $0{,}241\ \mathrm{m\cdot s}^{-1}$ (écart inférieur à 1 %).

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{8.23}{34.4} \approx 0.2392442$

$\frac{0.241 - 0.239}{0.241} \approx 0.008298755$

2.3 À quelle grandeur physique le rapport $1/A$ correspond-il ? Même question pour le paramètre B.

A s'exprime en s^{-1}, donc $\frac{1}{A}$ est une durée : c'est le temps caractéristique τ du mouvement, $\tau = \frac{1}{A} = \frac{1}{34{,}4} = 2{,}91 \times 10^{-2}$ s.

À $t = 0$, la bille est lâchée sans vitesse : $v(0) = 0$. L'équation différentielle donne alors $\left(\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\right)_{t=0} = B$.

$\frac{1}{A} = \tau$ est le temps caractéristique ; B est l'accélération initiale de la bille.

COMPRENDRE
B est inférieur à g : dès le départ, la poussée d'Archimède s'oppose au poids. Ce n'est pas une chute libre, même à l'instant initial où le frottement est nul.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{1}{34.4} \approx 0.02906977$

2.4.1 Quel est le pas Δt utilisé pour les calculs de la méthode d'Euler ?

Le pas est l'écart entre deux dates successives du tableau : $\Delta t = 0{,}025 - 0{,}020$.

$\Delta t = 0{,}005 \text{ s} = 5 \text{ ms}$

2.4.2 En utilisant la méthode d'Euler, calculer la vitesse v_6 à la date $t = 0{,}030$ s et l'accélération a_7 à la date $t = 0{,}035$ s.

Données utiles tableau 1 : $v_5 = 0{,}146 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $a_5 = 3{,}20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$; $v_7 = 0{,}175 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; Δt (2.4.1) ; A et B (2.1)

Vitesse : $v_6 = v_5 + a_5 \, \Delta t = 0{,}146 + 3{,}20 \times 0{,}005 = 0{,}162 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Accélération : $a_7 = B - A\, v_7 = 8{,}23 - 34{,}4 \times 0{,}175 = 2{,}21 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

$v_6 = 0{,}162 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $a_7 = 2{,}21 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

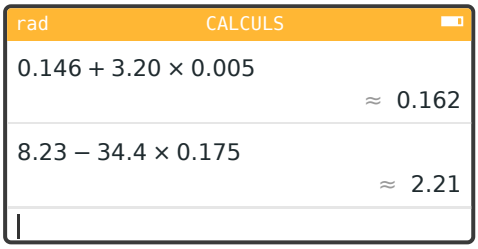
PIÈGE

Mélanger les lignes du tableau. La vitesse se calcule avec la vitesse et l'accélération de la ligne précédente ; l'accélération se calcule avec la vitesse de la même ligne.

COMPRENDRE

Vérification : $a_6 = 8{,}23 - 34{,}4 \times 0{,}162 = 2{,}66 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, proche du $2{,}65$ du tableau, calculé par le tableur avec une vitesse non arrondie.

À LA CALCULATRICE

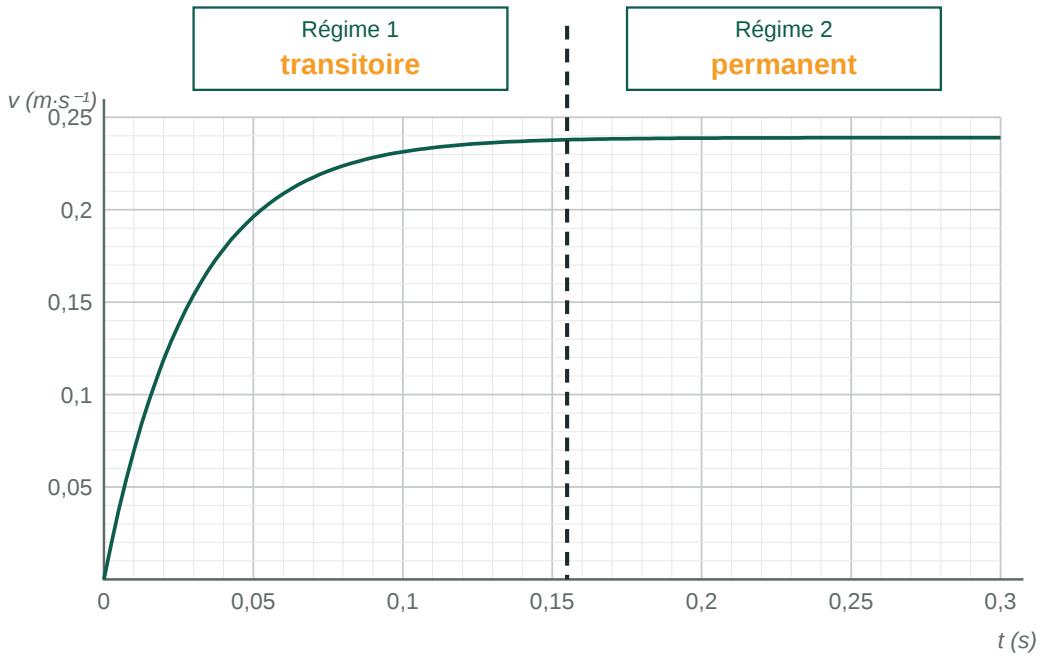


2.5.1 Compléter les cases de la figure 2 de l'annexe en identifiant les deux régimes du mouvement.

Régime 1 (avant le trait en pointillé) : la vitesse augmente, c'est le régime **transitoire**.

Régime 2 (après le trait) : la vitesse garde la valeur constante v_{lim}, c'est le régime **permanent**.

Régime 1 : transitoire ; régime 2 : permanent (annexe complétée ci-dessous).



2.5.1 · Figure 2 de l'annexe complétée

2.5.2 Déterminer graphiquement le temps caractéristique τ en expliquant la méthode.

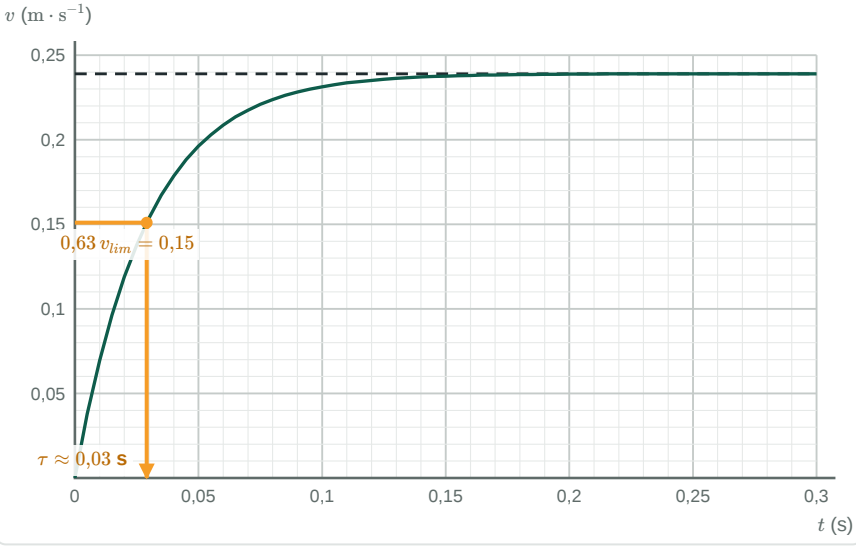
Données utiles figure 2 de l'annexe ; $v_{lim} = 0{,}239\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (2.2)

À la date $t = \tau$, la vitesse vaut 63 % de la vitesse limite : $0{,}63 \times 0{,}239 = 0{,}15\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

On trace l'horizontale d'ordonnée $0{,}15\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ jusqu'à la courbe, puis on lit l'abscisse du point d'intersection.

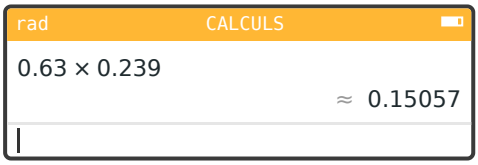
$\tau \approx 0{,}03$ s, valeur cohérente avec $\dfrac{1}{A} = 0{,}029$ s.

MÉTHODE
Autre tracé possible : la tangente à la courbe à l'origine coupe l'asymptote horizontale $v = v_{lim}$ au point d'abscisse τ.



2.5.2 · Lecture de τ sur la figure 2 : abscisse du point d'ordonnée $0{,}63\,v_{lim}$

À LA CALCULATRICE



L'eau de Javel

Bac S 2008 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 3 **6,5 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1 Quelle transformation subissent les ions chlorure lors de l'électrolyse ? Écrire la demi-équation associée.

Les ions chlorure Cl^- sont transformés en dichlore Cl_2 : ils cèdent des électrons, ils sont donc **oxydés**.

Oxydation : $2\,Cl^-\,(aq) = Cl_2\,(g) + 2\,e^-$

PIÈGE
Dans une oxydation, les électrons sont du côté des produits. Vérifier la conservation de l'élément chlore (coefficient 2) et de la charge (-2 de chaque côté).

1.2 Quel nom donne-t-on à l'électrode où a lieu cette transformation ?

L'électrode où se produit une oxydation est, par définition, l'anode.

Cette électrode est l'**anode**.

COMPRENDRE
Dans un électrolyseur, l'anode est reliée à la borne $+$ du générateur, alors que l'anode d'une pile est son pôle négatif. La définition, elle, ne change pas : anode = oxydation, cathode = réduction.

1.3 Déterminer la quantité n_e d'électrons nécessaire pour obtenir le dichlore voulu en 90 minutes, puis l'intensité I du courant, la transformation étant totale.

Données utiles $n(Cl_2) = 5{,}25 \times 10^{-1}$ mol ; $\Delta t = 90$ min ; $F = 9{,}65 \times 10^4$ C · mol^{-1}

D'après la demi-équation (1.1), la formation d'une mole de Cl_2 libère deux moles d'électrons :

$$n_e = 2\,n(Cl_2) = 2 \times 5{,}25 \times 10^{-1} = 1{,}05 \text{ mol}$$

La charge qui traverse l'électrolyseur s'écrit de deux façons : $Q = n_e\,F$ et $Q = I\,\Delta t$, donc

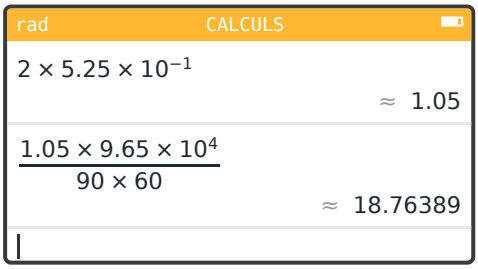
$$I = \frac{n_e\,F}{\Delta t} = \frac{1{,}05 \times 9{,}65 \times 10^4}{90 \times 60} = 18{,}8 \text{ A}$$

$n_e = 1{,}05$ mol et $I = 18{,}8$ A ≈ 19 A

PIÈGE
La durée doit être en secondes : $90 \times 60 = 5\,400$ s. Avec des minutes, on trouve une intensité 60 fois trop grande.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : les données en ont trois, la durée « 90 minutes » deux. On accepte $18{,}8$ A ; l'arrondi le plus rigoureux est 19 A.

À LA CALCULATRICE



2.1.1 Donner la définition d'un catalyseur.

Un catalyseur est une espèce chimique qui augmente la vitesse d'une réaction sans figurer dans son équation : consommé puis régénéré, il se retrouve intact en fin de transformation.

Catalyseur : espèce qui accélère la réaction et qui est régénérée, donc absente de l'équation.

COMPRENDRE
Le catalyseur ne change pas l'état final : il permet seulement de l'atteindre plus vite. Ici, Co^{2+} et ClO^- sont dans la même phase : la catalyse est homogène.

2.1.2 Choisir, en justifiant, le lot de verrerie adapté à la préparation de $V_1 = 100$ mL de solution S_1 de concentration $c_1 = c_0/4$.

Lors d'une dilution, la quantité de soluté se conserve : $c_0\,V_0 = c_1\,V_1$, d'où le volume de solution S_0 à prélever :

$$V_0 = \frac{c_1\,V_1}{c_0} = \frac{V_1}{4} = \frac{100}{4} = 25{,}0\ \text{mL}$$

Une dilution précise demande de la verrerie jaugée : une pipette jaugée de 25,0 mL pour le prélèvement et une fiole jaugée de 100 mL pour la solution fille. Le becher sert à verser un peu de S_0 avant de pipeter.

Lot 4 : pipette jaugée de 25,0 mL, fiole jaugée de 100 mL, becher.

PIÈGE
Le lot 2 (pipette de 50,0 mL) dilue seulement deux fois. Les lots 1 et 3 contiennent une éprouvette graduée, trop peu précise pour préparer une solution de concentration connue.

2.2.1 Montrer que l'avancement x de la réaction, à une date quelconque, a pour expression $x = 5{,}0 \times 10^{-7}\,\Delta P$.

Données utiles $P_{\text{mes}} = P_0 + n(\text{O}_2)\,\dfrac{RT}{V_B}$; $V_B = 1{,}2$ L ; $T = 290$ K ; $R = 8{,}31\ \text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

D'après l'équation $2\,\text{ClO}^-\,(\text{aq}) = \text{O}_2\,(\text{g}) + 2\,\text{Cl}^-\,(\text{aq})$, le coefficient de O_2 vaut 1 et il n'y en a pas au départ : $n(\text{O}_2) = x$.

Donc $\Delta P = P_{\text{mes}} - P_0 = x\,\dfrac{RT}{V_B}$, soit $x = \dfrac{V_B}{RT}\,\Delta P$.

Avec $V_B = 1{,}2\ \text{L} = 1{,}2 \times 10^{-3}\ \text{m}^3$:

$$\frac{V_B}{RT} = \frac{1{,}2 \times 10^{-3}}{8{,}31 \times 290} = 5{,}0 \times 10^{-7}\ \text{mol}\cdot\text{Pa}^{-1}$$

$x = 5{,}0 \times 10^{-7}\,\Delta P$ (x en mol, ΔP en Pa) : c'est l'expression attendue.

PIÈGE
Dans la loi des gaz parfaits, le volume s'exprime en m^3 et la pression en Pa. Avec $V_B = 1{,}2$ en litres, le coefficient serait mille fois trop grand.

MÉTHODE
Le tableau d'évolution donne, à la date t : $n(\text{ClO}^-) = n_1 - 2x$, $n(\text{O}_2) = x$, $n(\text{Cl}^-) = 2x$. Ces trois expressions resservent à la question 3.3.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{1.2 \times 10^{-3}}{8.31 \times 290} \approx 4.97946 \times 10^{-7}$$

2.2.2 En faisant apparaître la construction nécessaire sur la courbe $\Delta P = f(t)$ de la figure 3, déterminer la valeur de l'avancement final x_f.

Aux grandes dates, la courbe atteint un palier : on trace l'asymptote horizontale et on lit $\Delta P_f = 40\,000$ Pa.

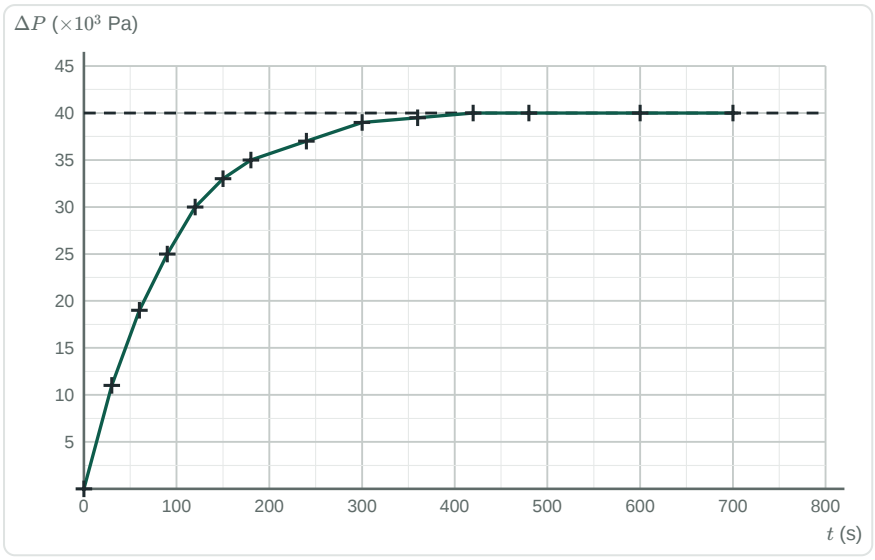
$x_f = 5{,}0 \times 10^{-7} \times \Delta P_f = 5{,}0 \times 10^{-7} \times 40\,000$

$x_f = 2{,}0 \times 10^{-2}$ mol

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$5.0 \times 10^{-7} \times 40\,000 \approx 0.02$$



2.2.2 · Figure 3 : asymptote horizontale (en tirets) donnant la variation de pression finale

2.2.3 Donner la définition du temps de demi-réaction. Déterminer sa valeur en faisant apparaître les constructions nécessaires sur la figure 3.

Données utiles $\Delta P_f = 40\,000$ Pa (2.2.2)

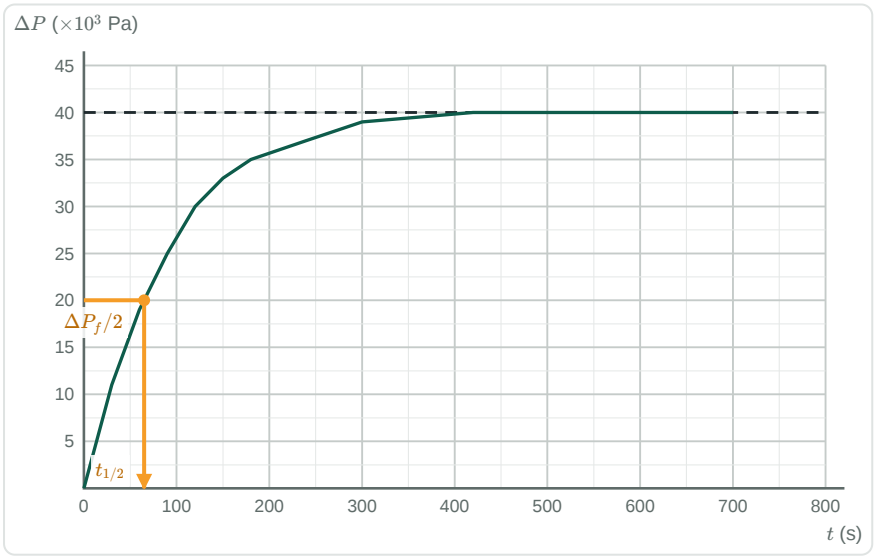
Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale : $x(t_{1/2}) = \dfrac{x_f}{2}$.

Comme x est proportionnel à ΔP, cela correspond à $\Delta P = \dfrac{\Delta P_f}{2} = 20\,000$ Pa.

On trace l'horizontale d'ordonnée $20\,000$ Pa jusqu'à la courbe, puis on descend à la verticale sur l'axe des temps.

$t_{1/2} \approx 65$ s, soit environ une minute

PIÈGE
Le temps de demi-réaction n'est pas la moitié de la durée totale de la transformation. On le lit à partir de la moitié de l'ordonnée finale, jamais à partir de la moitié de l'axe des temps.



2.2.3 · Figure 3 : lecture du temps de demi-réaction

2.2.4 La vitesse volumique de réaction est $v_r = \frac{1}{V_1}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$. Préciser l'unité de v_r lorsque le volume est exprimé en litre.

x est en mol, t en s : $\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$ s'exprime en $\mathrm{mol \cdot s^{-1}}$. On divise par un volume en L.

v_r s'exprime en $\mathrm{mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}}$.

COMPRENDRE
Une dérivée $\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$ a l'unité du quotient $\frac{x}{t}$. Le volume qui intervient est celui de la solution, V_1, et non celui du ballon.

2.2.5 Déduire de l'expression précédente que $v_r = 5{,}0 \times 10^{-6}\,\frac{\mathrm{d}(\Delta P)}{\mathrm{d}t}$.

Données utiles $x = 5{,}0 \times 10^{-7}\,\Delta P$ (2.2.1) ; $V_1 = 100\ \mathrm{mL} = 0{,}100\ \mathrm{L}$

On remplace x par son expression ; le coefficient constant sort de la dérivée :

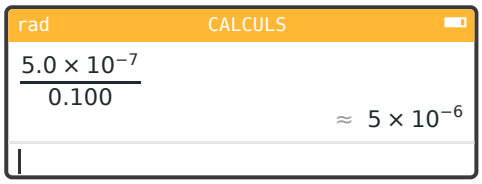
$$v_r = \frac{1}{V_1}\,\frac{\mathrm{d}\left(5{,}0 \times 10^{-7}\,\Delta P\right)}{\mathrm{d}t} = \frac{5{,}0 \times 10^{-7}}{V_1}\,\frac{\mathrm{d}(\Delta P)}{\mathrm{d}t}$$

$$\frac{5{,}0 \times 10^{-7}}{V_1} = \frac{5{,}0 \times 10^{-7}}{0{,}100} = 5{,}0 \times 10^{-6}$$

$v_r = 5{,}0 \times 10^{-6}\,\frac{\mathrm{d}(\Delta P)}{\mathrm{d}t}$: c'est l'expression attendue.

PIÈGE
Pour obtenir une vitesse en $\mathrm{mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}}$, V_1 doit être en litres : $0{,}100$ L, et non 100.

À LA CALCULATRICE



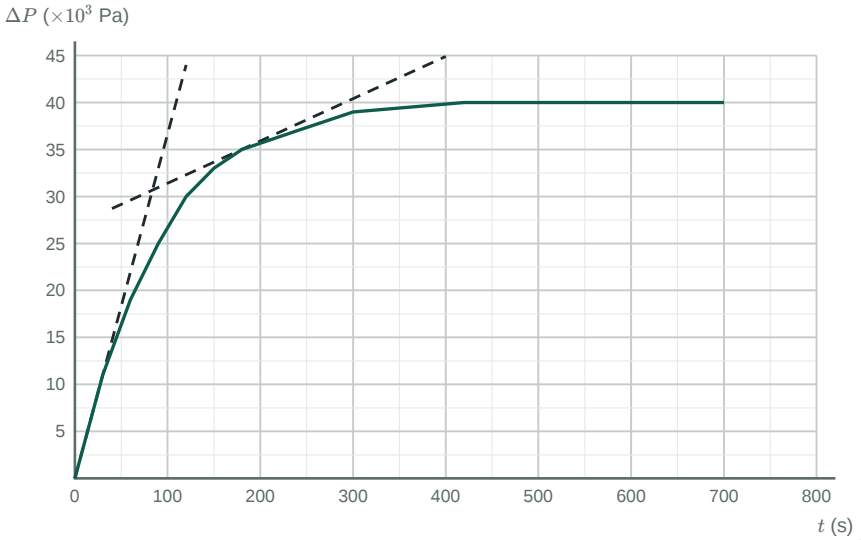
2.2.6 Comment évolue, qualitativement, la vitesse volumique de réaction au cours du temps ? Justifier à l'aide de la courbe de la figure 3.

D'après 2.2.5, v_r est proportionnelle à $\frac{\mathrm{d}(\Delta P)}{\mathrm{d}t}$, c'est-à-dire au coefficient directeur de la tangente à la courbe $\Delta P = f(t)$ à la date considérée.

Les tangentes sont de moins en moins inclinées quand t augmente, puis horizontales sur le palier.

La vitesse volumique de réaction **diminue** au cours du temps, jusqu'à s'annuler.

COMPRENDRE
La concentration du réactif $\mathrm{ClO^-}$ est un facteur cinétique : elle diminue au fil de la transformation, ce qui ralentit la réaction.



2.2.6 · Figure 3 : tangentes à $t = 0$ et à $t = 180$ s (en tirets), de moins en moins inclinées

3.1 Déterminer la concentration molaire c_0 en ions hypochlorite de l'eau de Javel contenue dans un berlingot. En déduire la concentration c_1 de la solution S_1.

Données utiles $n(Cl_2) = 2{,}10$ mol pour un litre d'eau de Javel à 48° ; $c_1 = c_0/4$

L'équation $Cl_2\,(g) + 2\,HO^-\,(aq) = ClO^-\,(aq) + Cl^-\,(aq) + H_2O\,(l)$ montre qu'une mole de Cl_2 consommée forme une mole de ClO^-. La transformation étant totale, un litre ($V = 1{,}00$ L) contient $n(ClO^-) = n(Cl_2) = 2{,}10$ mol :

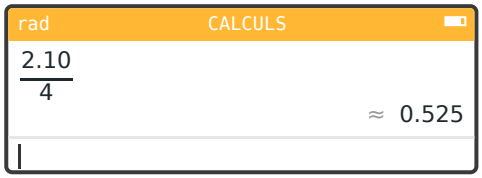
$$c_0 = \frac{n(ClO^-)}{V} = \frac{2{,}10}{1{,}00} = 2{,}10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$c_1 = \frac{c_0}{4} = \frac{2{,}10}{4} = 0{,}525 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$\boxed{c_0 = 2{,}10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ et } c_1 = 0{,}525 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$

PIÈGE
Ne pas diviser par le volume du berlingot (250 mL) : la concentration ne dépend pas du volume prélevé. Le berlingot contient la solution concentrée à 48°, soit 2,10 mol par litre.

À LA CALCULATRICE



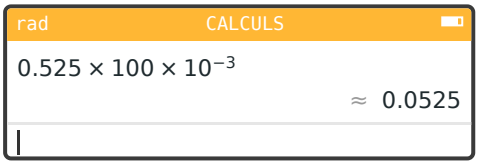
3.2 Calculer la quantité de matière n_1 des ions hypochlorite présents dans le volume $V_1 = 100$ mL de solution S_1.

Données utiles $c_1 = 0{,}525 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (3.1) ; $V_1 = 100$ mL

$$n_1 = c_1\,V_1 = 0{,}525 \times 100 \times 10^{-3}$$

$\boxed{n_1 = 5{,}25 \times 10^{-2} \text{ mol}}$

À LA CALCULATRICE



3.3 À l'aide de la figure 3 et de la relation de la question 2.2.1, déterminer la quantité de matière d'ions hypochlorite restant dans la solution après 10 minutes de décomposition.

Données utiles $n_1 = 5{,}25 \times 10^{-2}$ mol (3.2) ; $x = 5{,}0 \times 10^{-7}\,\Delta P$ (2.2.1)

À $t = 10 \text{ min} = 600$ s, on lit sur la figure 3 : $\Delta P = 40\,000$ Pa (palier).

$x = 5{,}0 \times 10^{-7} \times 40\,000 = 2{,}0 \times 10^{-2}$ mol

D'après l'équation, la réaction consomme $2x$ mol d'ions hypochlorite :

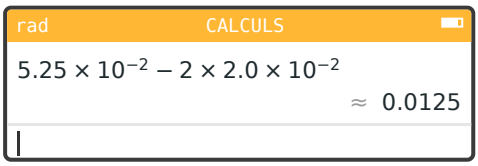
$n(ClO^-)_{\text{restant}} = n_1 - 2x = 5{,}25 \times 10^{-2} - 2 \times 2{,}0 \times 10^{-2} = 1{,}25 \times 10^{-2}$ mol

$\boxed{n(ClO^-)_{\text{restant}} \approx 1{,}3 \times 10^{-2} \text{ mol}}$

PIÈGE
Oublier le coefficient 2 de ClO^- et écrire $n_1 - x$: on trouverait $3{,}25 \times 10^{-2}$ mol.

COMPRENDRE
Le palier est atteint alors qu'il reste des ions ClO^- ($x_f = 2{,}0 \times 10^{-2}$ mol, inférieur à $\frac{n_1}{2} = 2{,}6 \times 10^{-2}$ mol). x n'est connu qu'au dixième de 10^{-2} mol, d'où l'arrondi à $1{,}3 \times 10^{-2}$ mol.

À LA CALCULATRICE



3.4 Conclure quant à l'importance d'utiliser rapidement l'eau de Javel concentrée après l'achat.

En dix minutes, la quantité d'ions hypochlorite passe de $5{,}25 \times 10^{-2}$ mol à $1{,}25 \times 10^{-2}$ mol : environ 76 % ont disparu. Cette rapidité est due au catalyseur Co^{2+}.

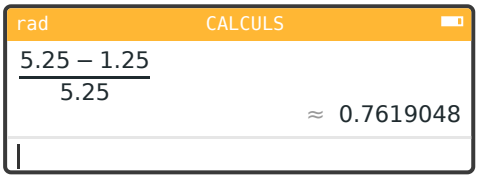
L'eau de Javel du commerce n'en contient pas : la même décomposition s'y produit, mais très lentement. Au fil des mois, la concentration en ClO^-, donc le pouvoir désinfectant, diminue. La concentration étant un facteur cinétique, la solution concentrée du berlingot est celle qui se dégrade le plus vite.

L'eau de Javel concentrée perd lentement ses ions ClO^- : il faut l'utiliser (ou la diluer) dans les trois mois pour qu'elle garde le titre annoncé.

PIÈGE

Ne pas conclure que l'eau de Javel se détruit en dix minutes : ce résultat vaut pour la solution additionnée d'ions cobalt. Sans catalyseur, la réaction est très lente, mais elle a lieu.

À LA CALCULATRICE



Production d'une onde sonore

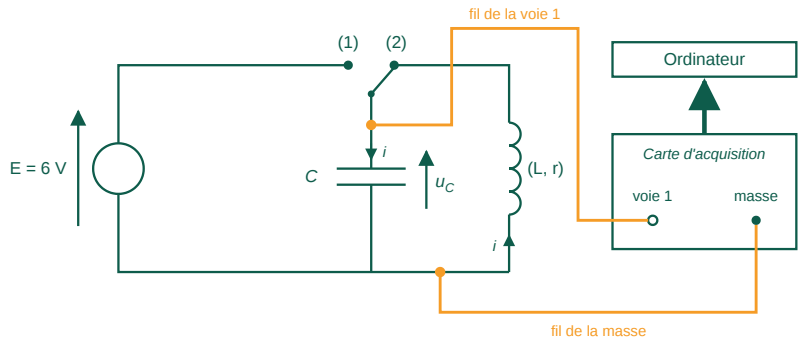
Bac S 2008 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Représenter sur la figure 5 de l'annexe les connexions de la voie 1 et de la masse de la carte d'acquisition pour visualiser la tension u_C.

La flèche de u_C pointe vers l'armature du haut : u_C est le potentiel de cette armature moins celui de l'armature du bas.

Voie 1 reliée à l'armature du haut (pointe de la flèche u_C), masse reliée à l'armature du bas (fil inférieur du circuit).

PIÈGE
Inverser les deux fils : la carte enregistrerait alors $-u_C$. Le fil de la voie 1 passe au-dessus du circuit sans y être connecté ; seul le point orange marque un branchement.



1.1 · Figure 5 de l'annexe complétée : voie 1 sur l'armature du haut, masse sur l'armature du bas

1.2 Pourquoi qualifie-t-on le régime de la tension u_C de pseudo-périodique ?

La tension u_C oscille : elle repasse par un maximum à intervalles de temps réguliers. Mais l'amplitude de ces oscillations décroît au fil du temps, donc u_C ne reprend jamais exactement la même valeur : elle n'est pas périodique.

Oscillations de durée constante mais d'amplitude décroissante : régime pseudo-périodique.

1.3 Déterminer graphiquement la pseudo-période T des oscillations de la figure 6, puis en déduire la fréquence f de ces oscillations.

Sur la figure 6, le premier maximum est en $t = 0$ et le huitième vers $t = 31$ ms : il y a 7 pseudo-périodes entre les deux.

$$T = \frac{31}{7} = 4{,}4 \text{ ms} = 4{,}4 \times 10^{-3} \text{ s}$$

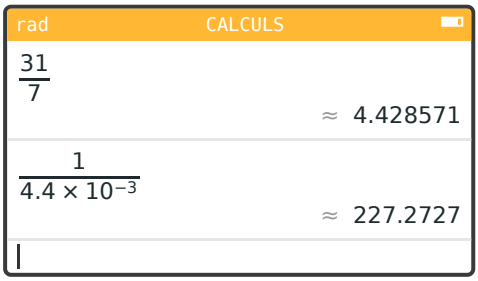
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4{,}4 \times 10^{-3}} = 2{,}3 \times 10^{2} \text{ Hz}$$

$T = 4{,}4$ ms et $f = 2{,}3 \times 10^{2}$ Hz

COMPRENDRE
Une lecture graphique ne donne pas mieux que deux chiffres significatifs : on écrit $2{,}3 \times 10^{2}$ Hz et non 227 Hz.

MÉTHODE
Mesurer la durée de plusieurs pseudo-périodes, la plus longue possible, puis diviser : l'erreur de lecture est divisée d'autant.

À LA CALCULATRICE



1.4.1 Rappeler l'expression de la période propre T_0 du dipôle LC et calculer sa valeur.

Données utiles $L = 0{,}50$ H ; $C = 1{,}0$ µF $= 1{,}0 \times 10^{-6}$ F

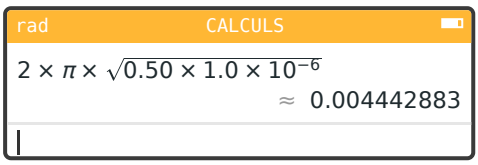
$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$

$T_0 = 2\pi\sqrt{0{,}50 \times 1{,}0 \times 10^{-6}} = 4{,}4 \times 10^{-3}$ s

$T_0 = 4{,}4 \times 10^{-3}$ s $= 4{,}4$ ms

PIÈGE
Laisser C en microfarads : on trouverait 4,4 s, mille fois trop.

À LA CALCULATRICE



1.4.2 Comparer T_0 à T.

Données utiles $T = 4{,}4$ ms (1.3) ; $T_0 = 4{,}4$ ms (1.4.1)

Avec deux chiffres significatifs, la valeur mesurée et la valeur calculée coïncident.

$T = T_0 = 4{,}4$ ms : la pseudo-période est bien égale à la période propre, à la précision de la lecture.

COMPRENDRE
La résistance r de la bobine est faible : elle amortit les oscillations sans modifier sensiblement leur durée.

2.1 Donner l'expression de l'énergie E_C en fonction de u_C.

$E_C = \frac{1}{2} C u_C^2$ (E_C en joules, C en farads, u_C en volts)

2.2 Donner l'expression de l'énergie E_L en fonction de l'intensité i du courant.

$E_L = \frac{1}{2} L i^2$ (E_L en joules, L en henrys, i en ampères)

2.3 À l'aide des conditions initiales, identifier sur la figure 7 les courbes de E_C et de E_L, en justifiant.

Données utiles $E = 6$ V ; $C = 1{,}0 \times 10^{-6}$ F

À $t = 0$, le condensateur est chargé : $u_C = E = 6$ V, sa valeur maximale, donc E_C est maximale : $E_C(0) = \frac{1}{2} \times 1{,}0 \times 10^{-6} \times 6^2 = 1{,}8 \times 10^{-5}$ J $= 18$ µJ.

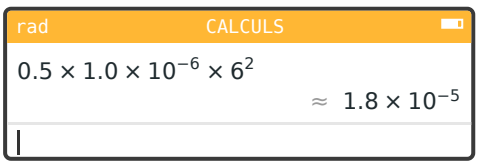
À $t = 0$, aucun courant ne circule encore : $i = 0$, donc $E_L(0) = 0$.

La courbe 1 part de son maximum (environ 18 µJ), la courbe 2 part de zéro.

Courbe 1 : E_C ; courbe 2 : E_L.

COMPRENDRE
La bobine s'oppose aux variations brusques du courant : i, nulle juste avant la commutation, l'est encore juste après. La tangente horizontale de u_C en $t = 0$ (figure 6) le confirme, car $i = C\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$ au signe près.

À LA CALCULATRICE



2.4 Comment l'énergie totale $E = E_C + E_L$ évolue-t-elle au cours du temps ? Quelle est la cause de cette perte d'énergie ?

Sur la figure 7, les maximums des deux courbes sont de plus en plus bas : la somme $E_C + E_L$ décroît au cours du temps.

La bobine possède une résistance $r = 12\ \Omega$: à chaque passage du courant, une partie de l'énergie électrique y est convertie en énergie thermique (effet Joule) et quitte le circuit.

L'énergie totale diminue, à cause de l'effet Joule dans la résistance r de la bobine.

PIÈGE
Répondre seulement « elle s'échange entre condensateur et bobine » : cet échange existe, mais il n'explique pas la diminution de la somme.

2.5.1 Expliquer, d'un point de vue énergétique, le rôle du dipôle D dans le circuit de la figure 4.

Le dipôle D fournit en permanence de l'énergie au circuit, exactement autant que la résistance r en dissipe par effet Joule.

D compense les pertes par effet Joule : l'énergie totale du circuit reste constante.

2.5.2 Comment évolue alors la tension u_C aux bornes du condensateur ?

Les pertes étant compensées, les oscillations ne s'amortissent plus.

u_C est sinusoïdale, d'amplitude constante et de période $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$: le régime est périodique.

1 Quelle est la nature de l'onde sonore émise par le haut-parleur ?

Le son a besoin d'un milieu matériel (ici l'air) pour se propager, et le signal émis se répète identique à lui-même.

C'est une onde mécanique progressive périodique (ici sinusoïdale).

COMPRENDRE
Mécanique : elle ne se propage pas dans le vide. Progressive : elle transporte de l'énergie de proche en proche, sans transport de matière.

2 L'onde sonore est dite longitudinale. Expliquer cette appellation.

Les tranches d'air vibrent, en se comprimant et en se dilatant, le long de l'axe du haut-parleur, qui est aussi la direction dans laquelle le son avance.

Onde longitudinale : la perturbation a la même direction que la propagation.

PIÈGE
Confondre avec une onde transversale (corde, surface de l'eau), où la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation.

3.1 Définir la longueur d'onde d'une onde périodique.

La longueur d'onde λ est la distance dont l'onde progresse pendant une période T : $\lambda = v\,T$, en mètres.

COMPRENDRE
Définition équivalente : c'est la plus petite distance séparant deux points du milieu qui vibrent en phase. C'est elle qui sert à la question suivante.

3.2 Que représente la distance d dans cette expérience ?

Au départ les deux signaux sont en phase. En éloignant M_2, ils se décalent, puis se retrouvent en phase pour la première fois : M_1 et M_2 sont alors deux points vibrant en phase les plus proches possible.

d est la longueur d'onde du son : $\lambda = d = 1{,}50$ m.

PIÈGE
Si l'on dépassait la première coïncidence sans la voir, on mesurerait 2λ : d'où le déplacement lent du microphone.

3.3 Calculer la vitesse de propagation du son dans l'air.

Données utiles $f = 225$ Hz ; $\lambda = 1{,}50$ m (3.2)

$\lambda = v\,T = \dfrac{v}{f}$, donc $v = \lambda\, f$

$v = 1{,}50 \times 225 = 338 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$v = 338 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme d et f. L'ordre de grandeur est le bon : environ 340 m·s⁻¹ dans l'air à température ambiante. La fréquence 225 Hz est celle du circuit oscillant : $1/T_0$.

À LA CALCULATRICE

