Corrigé complet — Bac S 2012 Antilles-Guyane (ancien programme)

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

Ex 1	**Etain et étamage du cuivre** Dissolution et dilution · Pile et force électromotrice · Quotient de réaction et sens d'évolution · Quantité d'électricité et loi de Faraday · Électrolyse, transformation forcée	7 pts	1 h 31	16 questions	p. 2
Ex 2	**Condensateur, bobine et énergie** Charge d'un condensateur (circuit RC) · Constante de temps · Énergie d'un condensateur · Oscillations libres d'un circuit LC · Analyse dimensionnelle · Amortissement et effet Joule	5 pts	1 h 05	11 questions	p. 8
Ex 3	**Célérité des ultrasons** Onde mécanique progressive · Onde longitudinale · Retard et célérité · Exploitation graphique d'une droite · Longueur d'onde · Double périodicité	4 pts	52 min	12 questions	p. 12
Ex 4	**Spécialité : Astronomie et littérature** Diamètre apparent · Lentille mince convergente · Image d'un objet à l'infini · Lunette astronomique afocale · Grossissement	4 pts	52 min	13 questions	p. 16

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.

Etain et étamage du cuivre

Bac S 2012 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 1 **7 points** **Durée conseillée 1 h 31**

1.1 Calculer la masse m_S de chlorure d'étain dihydraté à peser pour préparer la solution S_1, puis décrire le protocole et le matériel.

Données utiles $V_1 = 500{,}0$ mL ; $C_1 = 0{,}100\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $M(\text{SnCl}_2,\,2\,\text{H}_2\text{O}) = 225{,}7\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Dissolution : $(\text{SnCl}_2, 2\,\text{H}_2\text{O})\,(\text{s}) \longrightarrow \text{Sn}^{2+}\,(\text{aq}) + 2\,\text{Cl}^-\,(\text{aq}) + 2\,\text{H}_2\text{O}\,(\text{l})$.
Une mole de solide donne une mole d'ions Sn^{2+}, donc $n_S = C_1 V_1$.

$$m_S = C_1\,V_1\,M(\text{SnCl}_2,\,2\,\text{H}_2\text{O}) = 0{,}100 \times 0{,}5000 \times 225{,}7 = 11{,}3\ \text{g}$$

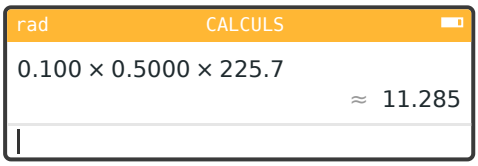
Protocole : on tare la coupelle de pesée sur la balance de précision et on y pèse $11{,}3$ g de solide à la spatule ; on l'introduit dans la fiole jaugée de $500{,}0$ mL en rinçant la coupelle à l'eau distillée ; on remplit aux deux tiers d'eau distillée et on agite jusqu'à dissolution complète ; on complète jusqu'au trait de jauge puis on homogénéise.

$m_S = 11{,}3$ g, dissous dans une fiole jaugée de $500{,}0$ mL

PIÈGE
Oublier l'eau d'hydratation en prenant la masse molaire de SnCl_2 seul : la masse pesée serait fausse.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme C_1, la donnée la moins précise. C'est la règle de tout l'exercice.

À LA CALCULATRICE



1.2 Décrire le protocole et le matériel pour préparer $V_2 = 100{,}0$ mL de solution S_2 à $C_2 = 0{,}100\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ à partir de la solution de nitrate d'argent à $C = 1{,}00\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

C'est une dilution : la quantité d'ions argent prélevée se retrouve dans la solution fille, $C\,V = C_2\,V_2$.

$$V = \frac{C_2\,V_2}{C} = \frac{0{,}100 \times 100{,}0}{1{,}00} = 10{,}0\ \text{mL}$$

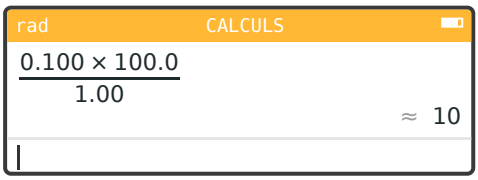
Protocole : on verse un peu de solution mère dans un bécher ; on prélève $10{,}0$ mL avec la pipette jaugée de $10{,}0$ mL ; on les verse dans la fiole jaugée de $100{,}0$ mL ; on ajoute de l'eau distillée aux deux tiers, on agite, on complète jusqu'au trait de jauge et on homogénéise.

Prélever $V = 10{,}0$ mL (pipette jaugée) et diluer dans une fiole jaugée de $100{,}0$ mL

PIÈGE
Utiliser une éprouvette graduée ou une pipette graduée : seule la verrerie jaugée donne la précision attendue.

MÉTHODE
Facteur de dilution $F = C/C_2 = 10$: volume prélevé $= V_2/F$, fiole de volume V_2.

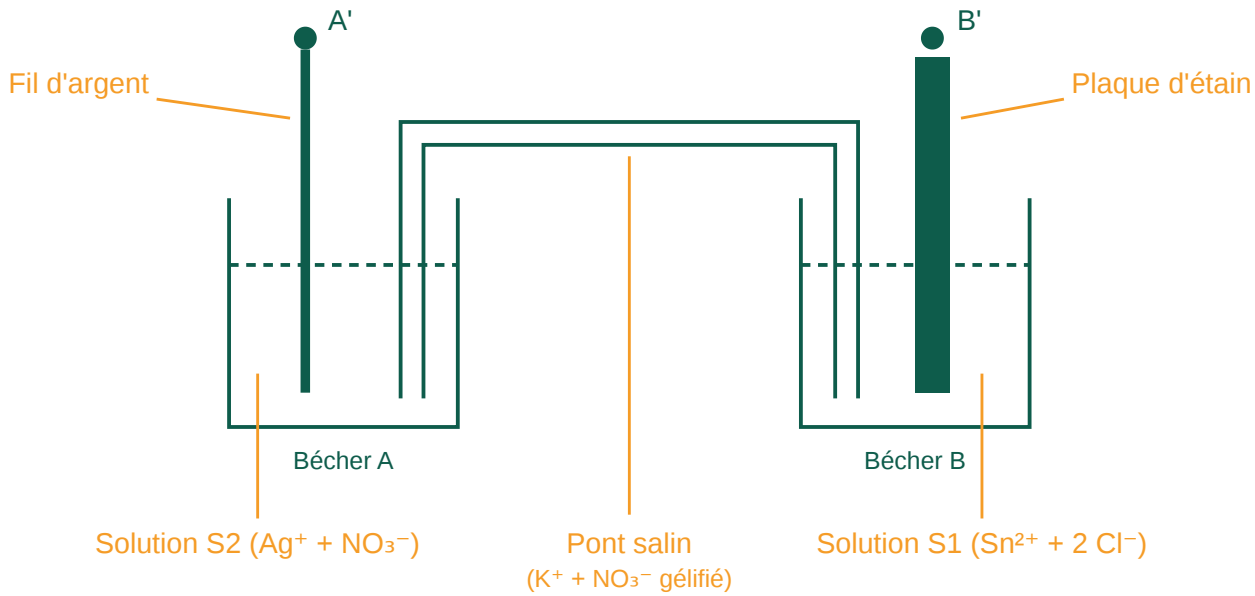
À LA CALCULATRICE



2.1 Légender le schéma de la pile (figure 1 de l'annexe).

Électrode reliée à A' : fil d'argent ; bécher A : solution S_2 ($Ag^+(aq) + NO_3^-(aq)$) ; tube en U : pont salin ($K^+(aq) + NO_3^-(aq)$ gélifié) ; électrode reliée à B' : plaque d'étain ; bécher B : solution S_1 ($Sn^{2+}(aq) + 2\,Cl^-(aq)$).

Pile légendée : électrode d'argent dans S_2, plaque d'étain dans S_1, pont salin entre les deux béchers (voir la figure).



2.1 · Figure 1 de l'annexe, légendée

2.2 Quelle est la borne positive de la pile ? Quelle est sa force électromotrice E ?

Données utiles $U_{A'B'} = +1{,}54$ V

$U_{A'B'} = V_{A'} - V_{B'} = +1{,}54\text{ V} > 0$, donc $V_{A'} > V_{B'}$: le fil d'argent est la borne positive.

Le voltmètre ne fait pratiquement pas débiter la pile : la tension mesurée est la force électromotrice.

Borne $+$: fil d'argent ; $E = 1{,}54$ V

PIÈGE
Un voltmètre branché « à l'envers » afficherait $-1{,}54$ V : la f.é.m. est toujours positive, c'est le signe de $U_{A'B'}$ qui désigne la borne $+$.

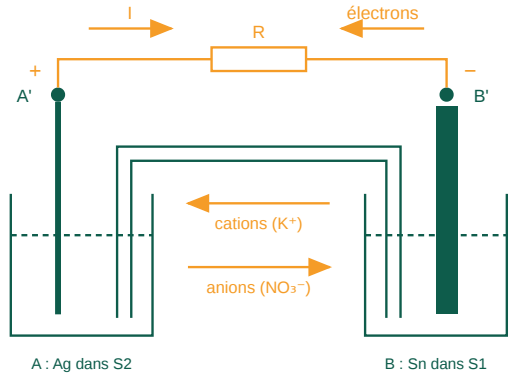
2.3 Nature des charges qui circulent dans la pile et à l'extérieur quand elle débite dans un conducteur ohmique ; représenter ce conducteur et le sens de circulation de chaque catégorie de charges.

À l'extérieur de la pile (fils, conducteur ohmique) : des électrons. Ils sortent par la borne $-$ (étain) et entrent par la borne $+$ (argent) ; le courant I circule en sens inverse, de A' vers B' dans le circuit extérieur.

À l'intérieur de la pile (solutions et pont salin) : des ions. Les cations (K^+, Ag^+, Sn^{2+}) se déplacent dans le sens du courant, vers le bécher A ; les anions (NO_3^-, Cl^-) en sens inverse, vers le bécher B.

Électrons à l'extérieur (de B' vers A'), ions à l'intérieur (cations vers A, anions vers B)

PIÈGE
Faire circuler des électrons dans le pont salin ou dans les solutions : ils ne traversent jamais une solution aqueuse.



2.3 · Pile débitant dans le conducteur ohmique R : sens de déplacement des charges

2.4.1 Écrire les demi-équations des transformations qui ont lieu sur chaque électrode.

Borne $+$ (argent) : les électrons y arrivent et sont consommés, c'est une réduction :

$$\mathrm{Ag^+\,(aq) + e^- \longrightarrow Ag\,(s)}$$

Borne $-$ (étain) : des électrons sont libérés, c'est une oxydation :

$$\mathrm{Sn\,(s) \longrightarrow Sn^{2+}\,(aq) + 2\,e^-}$$

Cathode : $\mathrm{Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag}$; anode : $\mathrm{Sn \longrightarrow Sn^{2+} + 2\,e^-}$

MÉTHODE
Pôle $+$ = cathode = réduction ; pôle $-$ = anode = oxydation. Le sens des électrons dans le circuit extérieur (Q2.3) le confirme.

2.4.2 Écrire l'équation de la réaction de fonctionnement de la pile.

L'oxydation de l'étain libère 2 électrons et la réduction d'un ion argent n'en consomme qu'un : on multiplie la réduction par 2 pour que les électrons s'éliminent, puis on additionne les deux demi-équations :

$$\mathrm{Sn\,(s) + 2\,Ag^+\,(aq) \longrightarrow Sn^{2+}\,(aq) + 2\,Ag\,(s)}$$

PIÈGE
Additionner sans équilibrer les électrons : il en reste dans le bilan, ce qui est faux.

2.4.3.1 Exprimer puis calculer le quotient de réaction initial $Q_{r,i}$.

Données utiles $[\mathrm{Sn^{2+}}]_i = C_1 = 0{,}100\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$; $[\mathrm{Ag^+}]_i = C_2 = 0{,}100\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$

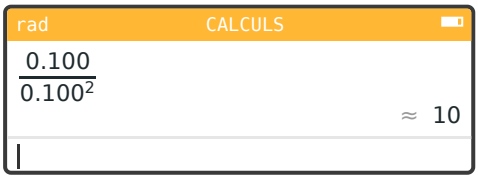
Pour $\mathrm{Sn\,(s) + 2\,Ag^+\,(aq) \longrightarrow Sn^{2+}\,(aq) + 2\,Ag\,(s)}$, les solides n'interviennent pas dans le quotient de réaction ; les concentrations initiales sont celles des solutions S_1 et S_2 :

$$Q_{r,i} = \frac{[\mathrm{Sn^{2+}}]_i}{[\mathrm{Ag^+}]_i^2} = \frac{C_1}{C_2^2} = \frac{0{,}100}{0{,}100^2}$$

$Q_{r,i} = 10{,}0$

PIÈGE
Oublier le carré sur $[\mathrm{Ag^+}]$ (coefficient 2 de l'équation) : on trouverait 1.

À LA CALCULATRICE



2.4.3.2 Le système va-t-il évoluer ? Si oui, dans quel sens ? Justifier.

Données utiles $K = 6{,}3 \times 10^{80}$; $Q_{r,i} = 10{,}0$ (Q2.4.3.1)

$Q_{r,i} \neq K$: le système n'est pas à l'équilibre, il évolue.

$Q_{r,i} = 10{,}0 < K = 6{,}3 \times 10^{80}$: il évolue dans le sens direct de l'équation, pour que Q_r augmente vers K.

Évolution dans le sens direct : $\mathrm{Sn} + 2\,\mathrm{Ag}^+ \longrightarrow \mathrm{Sn}^{2+} + 2\,\mathrm{Ag}$

COMPRENDRE
Le résultat est cohérent avec la polarité mesurée : l'argent, borne $+$, est bien le siège de la réduction des ions Ag^+.

2.5.1 Après 60 min de fonctionnement, la masse d'une électrode a diminué de 178 mg. De quelle électrode s'agit-il ? Justifier.

Dans le sens direct, l'étain métallique est oxydé en ions Sn^{2+} qui passent en solution : la plaque d'étain est consommée, tandis que de l'argent se dépose sur l'autre électrode.

C'est la plaque d'étain (borne $-$) dont la masse diminue

2.5.2 Quelle est la variation de masse de l'autre électrode ?

Données utiles $\Delta m(\mathrm{Sn}) = -178$ mg ; $M(\mathrm{Ag}) = 108{,}0\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; $M(\mathrm{Sn}) = 118{,}7\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$

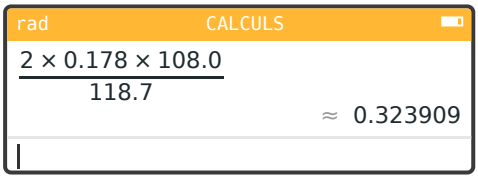
D'après l'équation, quand une mole d'étain disparaît, deux moles d'argent se déposent : $n(\mathrm{Ag}) = 2\,n(\mathrm{Sn}) = \dfrac{2\,m_{\mathrm{Sn}}}{M(\mathrm{Sn})}$.

$$m_{\mathrm{Ag}} = \frac{2\,m_{\mathrm{Sn}}\,M(\mathrm{Ag})}{M(\mathrm{Sn})} = \frac{2 \times 0{,}178 \times 108{,}0}{118{,}7} = 0{,}324\ \mathrm{g}$$

La masse du fil d'argent augmente de 324 mg

PIÈGE
Répondre « elle augmente de 178 mg » : les masses molaires diffèrent et deux atomes d'argent se déposent par atome d'étain oxydé.

À LA CALCULATRICE



2.5.3 Quelle est l'intensité constante du courant qui a permis d'obtenir ce dépôt ?

Données utiles $m_{\mathrm{Sn}} = 0{,}178$ g ; $\Delta t = 60$ min ; $F = 9{,}65 \times 10^4\ \mathrm{C \cdot mol^{-1}}$

D'après $\mathrm{Sn} \longrightarrow \mathrm{Sn}^{2+} + 2\,\mathrm{e}^-$: $n(e^-) = 2\,n(\mathrm{Sn}) = \dfrac{2\,m_{\mathrm{Sn}}}{M(\mathrm{Sn})}$.

Quantité d'électricité : $Q = n(e^-)\,F$ et $Q = I\,\Delta t$, d'où

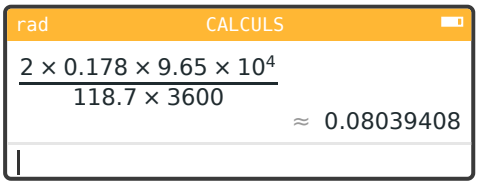
$$I = \frac{2\,m_{\mathrm{Sn}}\,F}{M(\mathrm{Sn})\,\Delta t} = \frac{2 \times 0{,}178 \times 9{,}65 \times 10^4}{118{,}7 \times 3600} = 8{,}04 \times 10^{-2}\ \mathrm{A}$$

$I = 8{,}04 \times 10^{-2}$ A ≈ 80 mA

PIÈGE
Laisser la durée en minutes ou la masse en milligrammes : $\Delta t = 3600$ s, $m = 0{,}178$ g.

MÉTHODE
Relier masse et courant : $n = m/M$; $n(e^-)$ par la demi-équation ; $Q = n(e^-)\,F = I\,\Delta t$.

À LA CALCULATRICE



3.1 La réaction d'électrolyse est-elle spontanée ou forcée ? Justifier.

Elle est forcée : le générateur G fournit de l'énergie électrique et impose le sens de circulation des électrons. Sans lui, aucune transformation n'aurait lieu : ici, l'étain se dépose sur le cuivre (cathode, reliée à la borne $-$ du générateur) par la réduction $\mathrm{Sn^{2+} + 2\,e^- \longrightarrow Sn}$, tandis que la plaque d'étain (anode) est oxydée.

Réaction forcée, imposée par le générateur

COMPRENDRE
Dans une pile, la réaction spontanée fournit l'énergie électrique ; dans une électrolyse, c'est l'inverse : le générateur fournit l'énergie qui force la transformation.

3.2.1 Montrer que le volume d'étain à déposer est $V_{Sn} = (2\pi \times r \times L) \times e$.

Le dépôt recouvre la surface latérale du fil, d'aire $S = 2\pi\, r\, L$. Son épaisseur $e = 30\ \mu\mathrm{m}$ est très petite devant $r = 1{,}0$ mm : on l'assimile à une couche mince d'aire S et d'épaisseur e, de volume $V_{Sn} = S \times e$.

$V_{Sn} = (2\pi\, r\, L) \times e$, l'expression attendue

COMPRENDRE
Le calcul exact $\pi\left[(r+e)^2 - r^2\right] L$ diffère de 1,5 % seulement, car $e/r = 0{,}03$; on néglige aussi les extrémités du fil.

3.2.2 En déduire les expressions de m_{Sn} puis de n_{Sn} en fonction de r, L, μ_{Sn}, e et M_{Sn} ; calculer n_{Sn}.

Données utiles $r = 1{,}0$ mm ; $L = 2{,}0$ m ; $e = 30\ \mu$m ; $\mu_{Sn} = 7{,}29 \times 10^3\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$; $M_{Sn} = 118{,}7\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$

$$m_{Sn} = \mu_{Sn}\, V_{Sn} = \mu_{Sn} \times 2\pi\, r\, L\, e \qquad n_{Sn} = \frac{m_{Sn}}{M_{Sn}} = \frac{\mu_{Sn} \times 2\pi\, r\, L\, e}{M_{Sn}}$$

Avec $\mu_{Sn} = 7{,}29 \times 10^6\ \mathrm{g \cdot m^{-3}}$ et les longueurs en mètres :

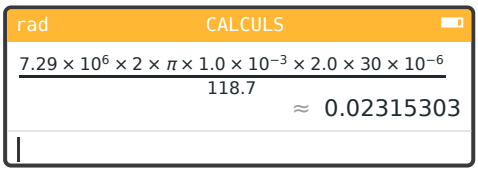
$$n_{Sn} = \frac{7{,}29 \times 10^6 \times 2\pi \times 1{,}0 \times 10^{-3} \times 2{,}0 \times 30 \times 10^{-6}}{118{,}7} = 2{,}3 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol}$$

$n_{Sn} = 2{,}3 \times 10^{-2}$ mol

PIÈGE
Mélanger kg et g : avec μ en $\mathrm{kg \cdot m^{-3}}$ et M en $\mathrm{g \cdot mol^{-1}}$, on obtient un résultat mille fois trop petit.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs ici, comme r, L et e. On garde la valeur non arrondie en mémoire pour la suite.

À LA CALCULATRICE



3.2.3 Exprimer la quantité d'électricité Q en fonction de n_{Sn}, puis en déduire la durée Δt de l'électrolyse.

Données utiles n_{Sn} (Q3.2.2) ; $I_0 = 0{,}75$ A ; $F = 9{,}65 \times 10^4$ C · mol^{-1}

À la cathode : $\mathrm{Sn^{2+}\,(aq) + 2\,e^- \longrightarrow Sn\,(s)}$, donc $n(e^-) = 2\,n_{Sn}$ et

$$Q = n(e^-)\,F = 2\,n_{Sn}\,F$$

Le courant est constant : $Q = I_0\,\Delta t$, d'où

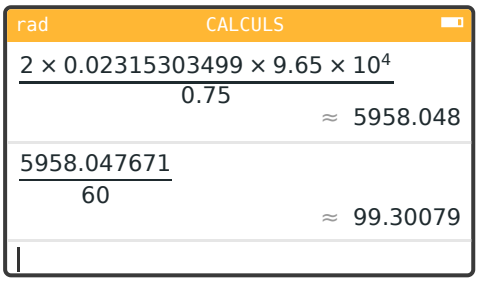
$$\Delta t = \frac{2\,n_{Sn}\,F}{I_0} = \frac{2 \times 2{,}315 \times 10^{-2} \times 9{,}65 \times 10^4}{0{,}75} = 6{,}0 \times 10^3 \text{ s}$$

$Q = 2\,n_{Sn}\,F$; $\Delta t = 6{,}0 \times 10^3$ s, soit environ 1 h 40 min

PIÈGE
Oublier le facteur 2 des électrons : la durée trouvée serait deux fois trop courte.

COMPRENDRE
La solution contient $0{,}400 \times 0{,}100 = 4{,}0 \times 10^{-2}$ mol d'ions $\mathrm{Sn^{2+}}$, plus que n_{Sn} ; de plus, l'anode en étain régénère ces ions au fur et à mesure.

À LA CALCULATRICE



Condensateur, bobine et énergie

Bac S 2012 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 Compléter la figure 3 : flèche de la tension u_{AB} aux bornes du condensateur et branchement d'un oscilloscope (ou d'une interface) qui visualise u_{AB}.

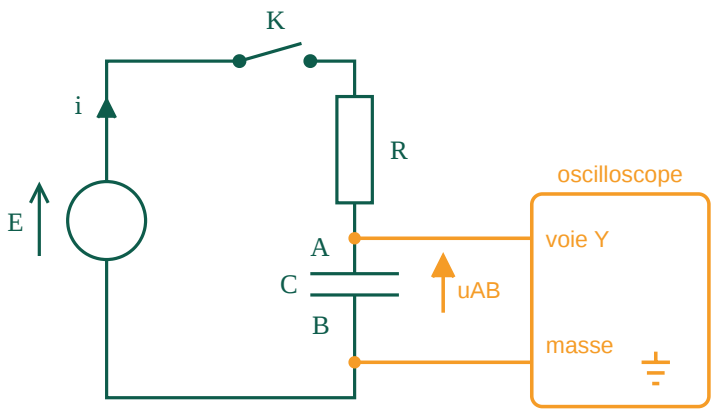
Voir le schéma : la flèche u_{AB} est tracée à côté du condensateur, pointe vers A.

La voie Y de l'oscilloscope est reliée au point A, sa masse au point B.

Voie Y en A, masse en B : l'écran affiche $u_{AB} = V_A - V_B$.

PIÈGE
Inverser voie et masse affiche $u_{BA} = -u_{AB}$: la courbe apparaît retournée.

COMPRENDRE
En convention récepteur, la flèche de tension du condensateur est opposée au sens de i : elle part de B et pointe vers A.



1.1 · Figure 3 complétée : flèche u_{AB} (de B vers A) et branchement de l'oscilloscope

1.2 Établir, par la loi d'additivité des tensions, l'équation différentielle vérifiée par u_{AB} pendant la charge.

Additivité des tensions : $E = u_R + u_{AB}$, avec la loi d'Ohm $u_R = R\,i$.

Charge de l'armature A : $q = C\,u_{AB}$ et $i = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_{AB}}{\mathrm{d}t}$ (C constante).

D'où $R\,C\,\dfrac{\mathrm{d}u_{AB}}{\mathrm{d}t} + u_{AB} = E$; on divise par $R\,C$:

$\dfrac{\mathrm{d}u_{AB}}{\mathrm{d}t} + \dfrac{1}{R\,C}\,u_{AB} = \dfrac{E}{R\,C}$: c'est l'équation proposée.

PIÈGE
$i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_{AB}}{\mathrm{d}t}$ suppose que i arrive sur l'armature A, ce qui est le cas ici (sens de i du schéma).

1.3 Montrer que $u_{AB} = A\,(1 - e^{-t/\tau})$ est solution si $A = E$ et $\tau = RC$. Préciser ce que représentent A et τ.

$\dfrac{\mathrm{d}u_{AB}}{\mathrm{d}t} = \dfrac{A}{\tau}\,e^{-t/\tau}$. On remplace dans l'équation :

$$\frac{A}{\tau}\,e^{-t/\tau} + \frac{A}{RC} - \frac{A}{RC}\,e^{-t/\tau} = \frac{E}{RC}$$

soit $A\,e^{-t/\tau}\left(\dfrac{1}{\tau} - \dfrac{1}{RC}\right) + \dfrac{A}{RC} = \dfrac{E}{RC}$, vraie à tout instant t seulement si le terme en $e^{-t/\tau}$ s'annule et si le terme constant est égal à $\dfrac{E}{RC}$.

A est la tension finale (condensateur chargé, $t \to \infty$) ; τ est la constante de temps du dipôle RC.

$\boxed{\tau = RC \text{ et } A = E}$

COMPRENDRE
Au bout de $5\,\tau$, u_{AB} atteint plus de 99 % de E : on considère alors la charge terminée.

MÉTHODE
Pour une égalité vraie à tout instant, identifier séparément les termes en $e^{-t/\tau}$ et les termes constants.

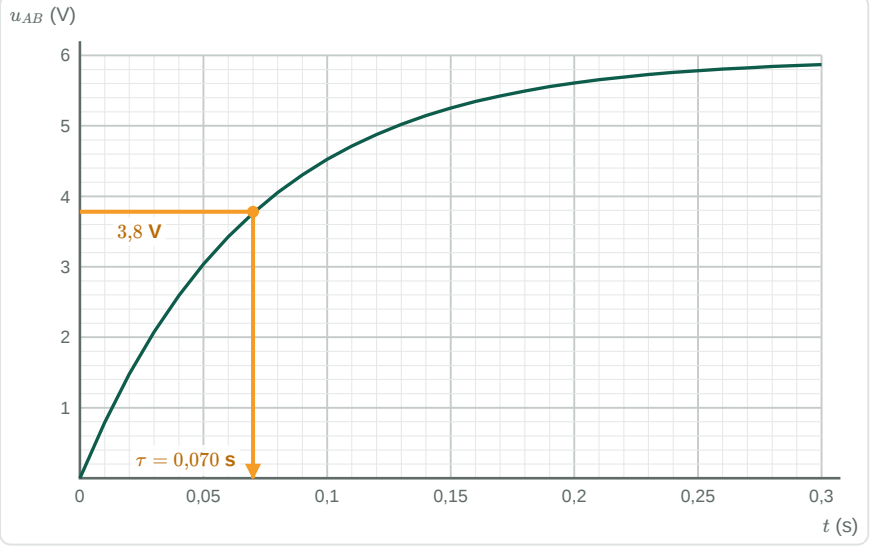
1.4.1 Déterminer τ à l'aide de la figure 4, par la méthode de votre choix.

Données utiles $E = 6{,}0$ V

À $t = \tau$: $u_{AB}(\tau) = E\,(1 - e^{-1}) = 0{,}63\,E = 0{,}63 \times 6{,}0 = 3{,}8$ V.

Sur la figure 4, on repère où la courbe atteint 3,8 V et on lit la date correspondante.

$\boxed{\tau = 0{,}070 \text{ s}}$

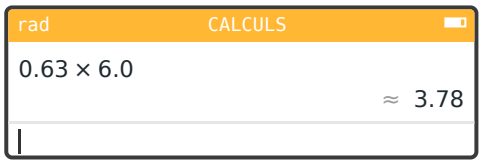


1.4.1 · Figure 4 : lecture de τ à $0{,}63\,E = 3{,}8$ V

COMPRENDRE
Une lecture graphique donne deux chiffres significatifs au mieux ; toute valeur entre 0,065 et 0,075 s est acceptée.

MÉTHODE
Autre méthode : la tangente à la courbe à l'origine coupe l'asymptote $u_{AB} = E$ à l'abscisse $t = \tau$.

À LA CALCULATRICE



1.4.2 En déduire la capacité C du condensateur.

Données utiles $\tau = 0{,}070$ s (Q1.4.1) ; $R = 1470\ \Omega$

$\tau = RC$ donc $C = \dfrac{\tau}{R} = \dfrac{0{,}070}{1470} = 4{,}8 \times 10^{-5}$ F

$\boxed{C = 4{,}8 \times 10^{-5}\ \text{F} = 48\ \mu\text{F}}$

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme τ lu sur le graphe. La valeur est cohérente avec les 47 µF imposés dans la partie 2.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{0.070}{1470} \approx 4.761905 \times 10^{-5}$

1.4.3 Calculer l'énergie électrique E_{el} emmagasinée dans le condensateur chargé.

Données utiles $C = 4{,}8 \times 10^{-5}$ F (Q1.4.2) ; $E = 6{,}0$ V

Chargé, le condensateur a pour tension $u_{AB} = E$:

$$E_{el} = \frac{1}{2} C E^2 = \frac{1}{2} \times 4{,}8 \times 10^{-5} \times 6{,}0^2 = 8{,}6 \times 10^{-4} \text{ J}$$

$E_{el} = 8{,}6 \times 10^{-4}$ J

PIÈGE
Oublier le carré sur la tension ou le facteur $\frac{1}{2}$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$0.5 \times \frac{0.070}{1470} \times 6.0^2 \approx 8.571429 \times 10^{-4}$

2.1 Parmi les figures 6a, 6b et 6c, laquelle représente $u_{AB}(t)$ lors de la décharge dans la bobine (résistance négligée) ? Justifier.

Données utiles $\frac{\mathrm{d}^2 u_{AB}}{\mathrm{d}t^2} + \frac{1}{LC} u_{AB} = 0$; à $t = 0$, $u_{AB} = E = 6{,}0$ V

Les solutions de cette équation sont sinusoïdales : $u_{AB}(t) = U_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$. Sans résistance, aucune énergie n'est perdue : l'amplitude reste constante.

La figure 6a (décroissance exponentielle sans oscillation) et la figure 6c (droite puis tension nulle) ne sont pas sinusoïdales. La figure 6b montre des oscillations d'amplitude constante 6 V, qui démarrent à $u_{AB} = E$.

Figure 6b : régime périodique sinusoïdal.

COMPRENDRE
La période lue sur 6b (environ 0,02 s) concorde avec T_0 calculée en 2.3.

2.2 Vérifier par une analyse dimensionnelle l'homogénéité de $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

Bobine : $u = L \frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$, donc $[U] = [L]\,[I]\,[T]^{-1}$ et $[L] = [U]\,[T]\,[I]^{-1}$.

Condensateur : $i = C \frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}$, donc $[I] = [C]\,[U]\,[T]^{-1}$ et $[C] = [I]\,[T]\,[U]^{-1}$.

Ainsi $[LC] = [U]\,[T]\,[I]^{-1} \times [I]\,[T]\,[U]^{-1} = [T]^2$, d'où $[\sqrt{LC}] = [T]$; 2π est sans dimension.

$[f_0] = [T]^{-1}$: f_0 s'exprime bien en s^{-1}, c'est-à-dire en hertz.

MÉTHODE
Pour la dimension d'une grandeur électrique, partir d'une relation connue où elle apparaît ($u = Ri$, $q = Cu$, $u = L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$).

2.3 En déduire l'expression puis la valeur de la période propre T_0, et expliquer l'évolution de l'énergie totale du circuit.

Données utiles $L = 0{,}21$ H ; $C = 47\ \mu$F

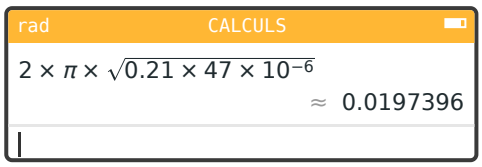
$$T_0 = \frac{1}{f_0} = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{0{,}21 \times 47 \times 10^{-6}} = 2{,}0 \times 10^{-2} \text{ s}$$

La résistance étant négligée, il n'y a pas d'effet Joule : l'énergie totale $\mathcal{E} = \frac{1}{2} C\, u_{AB}^2 + \frac{1}{2} L\, i^2$ reste constante. Elle passe alternativement du condensateur à la bobine.

$T_0 = 2{,}0 \times 10^{-2}$ s ; énergie totale constante

PIÈGE
Convertir les microfarads : $47\ \mu\text{F} = 47 \times 10^{-6}$ F.

À LA CALCULATRICE

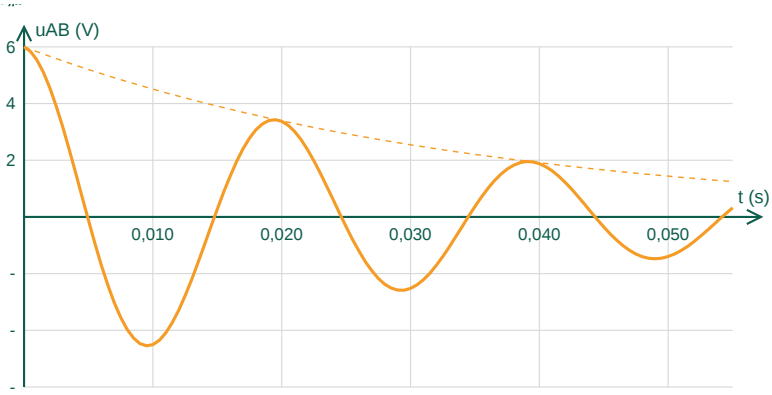


2.4.1 Représenter sur la figure 7 l'allure de $u_{AB}(t)$ quand la résistance du circuit est faible, inférieure à la résistance critique.

Voir la figure : régime pseudo-périodique. La courbe part de $u_{AB} = 6{,}0$ V à $t = 0$; elle oscille avec une pseudo-période voisine de $T_0 \approx 0{,}020$ s et une amplitude qui décroît au cours du temps.

Oscillations amorties, de pseudo-période $T \approx T_0 = 0{,}020$ s.

PIÈGE
Garder la même date de passage par les maximums (0 ; 0,020 ; 0,040 s) : seule l'amplitude diminue, pas la pseudo-période.



2.4.1 · Figure 7 complétée : oscillations amorties de pseudo-période voisine de $T_0 \approx 0{,}020$ s

2.4.2 Interpréter l'allure de ces oscillations d'un point de vue énergétique.

Le courant traverse la résistance : par effet Joule, une partie de l'énergie électrique est transférée à l'extérieur sous forme thermique à chaque oscillation.

L'énergie totale $\frac{1}{2} C\, u_{AB}^2 + \frac{1}{2} L\, i^2$ diminue, donc l'amplitude de u_{AB} diminue.

Énergie totale décroissante, dissipée par effet Joule : oscillations amorties.

Célérité des ultrasons

Bac S 2012 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 L'onde ultrasonore est-elle une onde mécanique ? Répondre par oui ou non en justifiant.

Oui. Une onde ultrasonore est la propagation d'une perturbation (compressions et dilatations successives) dans un milieu matériel : air, liquide ou solide. Elle ne se propage pas dans le vide.

Oui : onde mécanique, elle a besoin d'un milieu matériel.

PIÈGE
Une réponse « oui » sans justification vaut zéro, le sujet le précise. La justification attendue est le milieu matériel, pas la fréquence.

1.2 L'onde ultrasonore est-elle une onde transversale ? Répondre par oui ou non en justifiant.

Non. Les points du milieu se déplacent selon la direction même de propagation de l'onde (compressions et dilatations le long de cette direction).

Non : l'onde ultrasonore est longitudinale.

COMPRENDRE
Onde transversale : perturbation perpendiculaire à la direction de propagation (corde, surface de l'eau). Onde longitudinale : perturbation parallèle (son, ultrasons, ressort comprimé).

1.3 L'onde ultrasonore est-elle une onde tridimensionnelle ? Répondre par oui ou non en justifiant.

Oui. En général, l'onde émise se propage dans toutes les directions de l'espace offertes par le milieu.

Oui : propagation dans les trois dimensions de l'espace.

COMPRENDRE
Une corde donne une onde à une dimension, la surface de l'eau une onde à deux dimensions. Le « en général » du sujet rappelle qu'un émetteur peut rendre le faisceau assez directif.

2.1 Tracer sur le même graphique les courbes $L = f(\tau_{air})$ et $L = f(\tau_{liq})$ (abscisses : 1 cm pour 0,20 ms ; ordonnées : 1 cm pour 0,10 m).

Données utiles tableau de mesures du sujet (L de 0,60 m à 1,60 m)

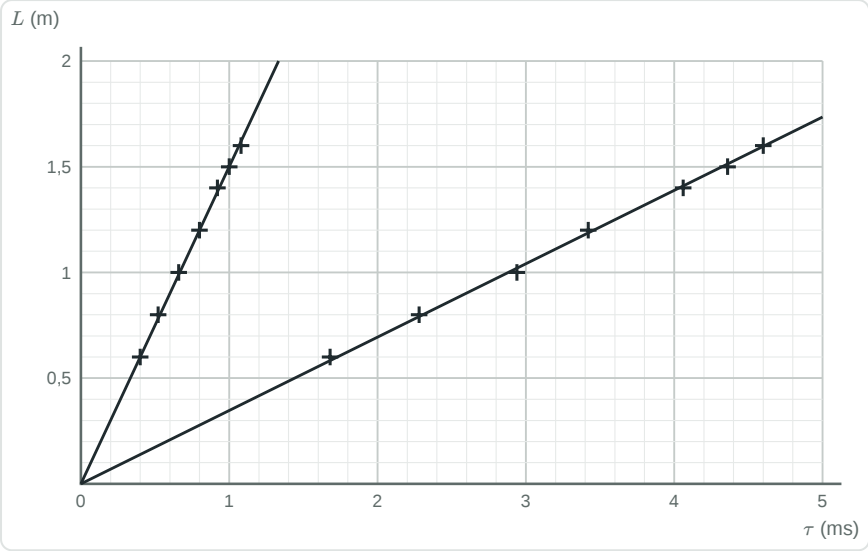
On place les 7 points de chaque série avec les échelles imposées, puis on trace pour chacune la droite moyenne passant au plus près des points.

Les deux séries de points sont alignées avec l'origine : on trace deux droites passant par l'origine.

Deux droites passant par l'origine : L est proportionnelle au retard ; la droite du liquide est la plus pentue.

PIÈGE
Relier les points un à un par une ligne brisée. On trace une droite moyenne, qui ne passe pas forcément par tous les points.

MÉTHODE
Penser au point $(0\,;\,0)$: pour $L = 0$, le retard est nul. Il guide le tracé de la droite moyenne.



2.1 · Points de mesure et droites moyennes : droite la plus pentue pour le liquide, la moins pentue pour l'air

2.2 Déterminer graphiquement la célérité des ultrasons dans l'air, V_{air}, et dans le liquide, V_{liq}.

Données utiles droites tracées en 2.1 (Q2.1)

L'onde parcourt L pendant le retard τ : $V = \dfrac{L}{\tau}$, soit $L = V\,\tau$. La droite passe par l'origine : son coefficient directeur est la célérité.

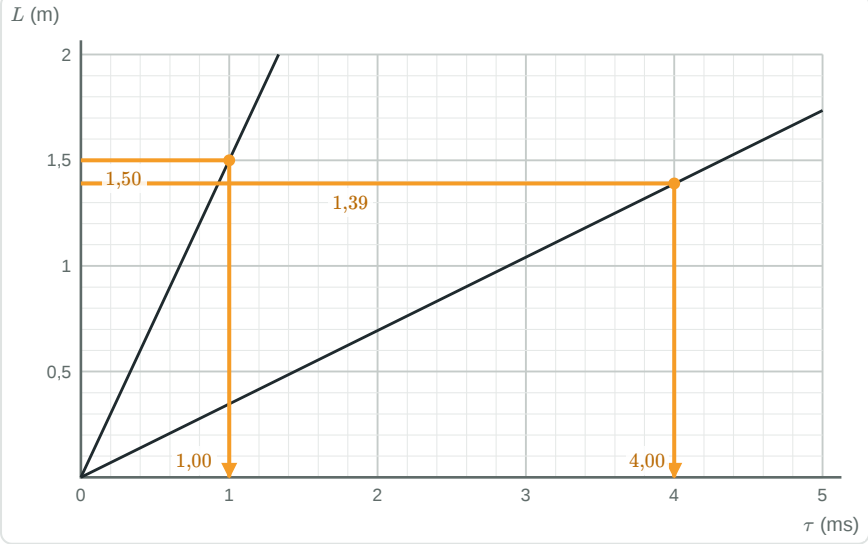
Air : on lit sur la droite le point $(4{,}00\ \text{ms}\,;\,1{,}39\ \text{m})$.

$$V_{\text{air}} = \frac{1{,}39 - 0}{(4{,}00 - 0) \times 10^{-3}} = 3{,}48 \times 10^{2}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Liquide : on lit sur la droite le point $(1{,}00\ \text{ms}\,;\,1{,}50\ \text{m})$.

$$V_{\text{liq}} = \frac{1{,}50 - 0}{(1{,}00 - 0) \times 10^{-3}} = 1{,}50 \times 10^{3}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$V_{\text{air}} \approx 3{,}5 \times 10^{2}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $V_{\text{liq}} \approx 1{,}5 \times 10^{3}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$



2.2 · Lecture d'un point sur chaque droite moyenne

PIÈGE
Oublier de convertir les millisecondes en secondes : on trouverait 0,348 au lieu de 348.

COMPRENDRE
Une lecture graphique donne deux chiffres significatifs fiables. Selon la droite tracée, toute valeur entre $3{,}4$ et $3{,}5 \times 10^{2}$ (air) ou $1{,}5 \times 10^{3}$ (liquide) est acceptée.

MÉTHODE
Coefficient directeur : prendre un point de la droite éloigné de l'origine, pas forcément un point de mesure, pour limiter l'erreur de lecture.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{1.39}{4.00 \times 10^{-3}}$ ≈ 347.5

$\dfrac{1.50}{1.00 \times 10^{-3}}$ ≈ 1500

2.3 Comparer V_{air} et V_{liq} ; conclure.

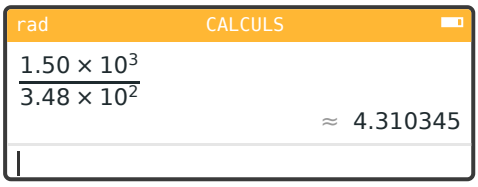
Données utiles V_{air} et V_{liq} (Q2.2)

$$\frac{V_{liq}}{V_{air}} = \frac{1{,}50 \times 10^3}{3{,}48 \times 10^2} \approx 4{,}3$$

$V_{liq} > V_{air}$: les ultrasons se propagent environ 4 fois plus vite dans le liquide que dans l'air ; la célérité dépend du milieu.

COMPRENDRE
Le liquide est bien moins compressible que l'air : la perturbation s'y transmet plus vite. La valeur trouvée est proche de celle de l'eau.

À LA CALCULATRICE



3.1 Définir une onde mécanique progressive périodique.

Onde mécanique progressive : propagation d'une perturbation dans un milieu matériel, sans transport de matière mais avec transport d'énergie.

Elle est périodique si la perturbation se reproduit identique à elle-même à intervalles de temps égaux, de durée T (la période).

Perturbation qui se propage dans un milieu matériel et se répète identique à elle-même toutes les périodes T.

PIÈGE
Oublier « sans transport de matière » : c'est le point le plus souvent attendu dans la définition d'une onde progressive.

3.2 Donner le nom et la définition de la grandeur qui caractérise la périodicité spatiale de l'onde.

C'est la longueur d'onde λ (en m) : distance parcourue par l'onde pendant une période, $\lambda = V\,T = \frac{V}{f}$.

C'est aussi la plus petite distance entre deux points du milieu qui vibrent en phase.

Longueur d'onde $\lambda = V\,T$: plus petite distance entre deux points vibrant en phase.

COMPRENDRE
La période T caractérise la périodicité temporelle, la longueur d'onde λ la périodicité spatiale ; la célérité relie les deux.

3.3.1 À quelle grandeur correspond la distance $X_1 - X_0$?

En X_0 puis en X_1, le récepteur vibre en phase avec l'émetteur, et c'est la première position de retour en phase : $X_1 - X_0$ est la plus petite distance entre deux points vibrant en phase.

$X_1 - X_0 = \lambda$

COMPRENDRE
Sur la figure 10, les deux sinusoïdes passent par leurs maximums aux mêmes instants : c'est cela, « en phase ». Leurs amplitudes diffèrent, ce qui n'a pas d'importance.

3.3.2 Que représente la distance $X_{10} - X_0$?

Entre deux positions successives de mise en phase, le récepteur se déplace de λ. Entre X_0 et la dixième remise en phase, il se déplace de dix longueurs d'onde.

$X_{10} - X_0 = 10\,\lambda$

PIÈGE
Répondre $11\,\lambda$ en comptant les positions au lieu des intervalles : X_0 est le point de départ.

3.3.3 Calculer la longueur d'onde sachant que $X_{10} - X_0 = 8{,}5$ cm.

Données utiles $X_{10} - X_0 = 8{,}5$ cm ; $X_{10} - X_0 = 10\,\lambda$ (Q3.3.2)

$$\lambda = \frac{X_{10} - X_0}{10} = \frac{8{,}5 \times 10^{-2}}{10} = 8{,}5 \times 10^{-3}\ \text{m}$$

$\lambda = 8{,}5 \times 10^{-3}\ \text{m} = 8{,}5\ \text{mm}$

MÉTHODE
Mesurer plusieurs longueurs d'onde puis diviser réduit l'incertitude relative : une erreur de lecture de 1 mm pèse dix fois moins.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{8.5 \times 10^{-2}}{10}$ $\approx$ 0.0085

3.3.4 Comparer la valeur trouvée à la valeur théorique, avec une célérité du son dans l'air de 345 m·s^{-1} ; conclure.

Données utiles $V = 345\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $f = 40$ kHz ; $\lambda_{\text{exp}} = 8{,}5 \times 10^{-3}$ m (Q3.3.3)

$$\lambda_{\text{th}} = \frac{V}{f} = \frac{345}{40 \times 10^3} = 8{,}6 \times 10^{-3}\ \text{m}$$

Écart relatif :

$$\frac{|\lambda_{\text{exp}} - \lambda_{\text{th}}|}{\lambda_{\text{th}}} = \frac{|8{,}5 \times 10^{-3} - 8{,}625 \times 10^{-3}|}{8{,}625 \times 10^{-3}} \approx 1{,}4\ \%$$

$\lambda_{\text{th}} = 8{,}6$ mm contre $\lambda_{\text{exp}} = 8{,}5$ mm : écart d'environ 1 %, la mesure est en bon accord avec la théorie.

PIÈGE
Laisser f en kilohertz : on obtiendrait $\lambda = 8{,}6$ m, valeur absurde.

COMPRENDRE
On garde la valeur non arrondie $8{,}625$ mm dans le calcul de l'écart ; avec $8{,}6$ mm on trouverait 1,2 %. Les deux conduisent à la même conclusion.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{345}{40 \times 10^3}$ $\approx$ 0.008625

$\frac{8.625 \times 10^{-3} - 8.5 \times 10^{-3}}{8.625 \times 10^{-3}}$ $\approx$ 0.01449275

Spécialité : Astronomie et littérature

Bac S 2012 Antilles-Guyane (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

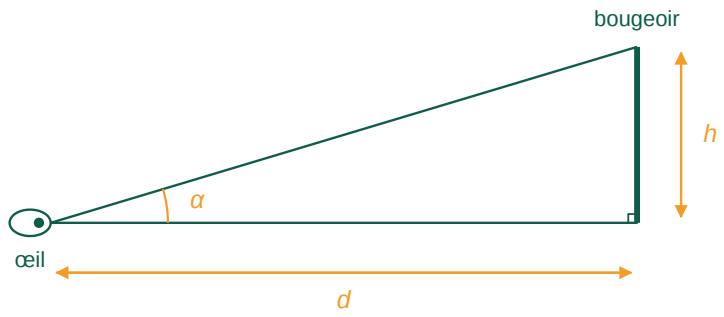
1.1 Faire un schéma avec d, h et α, puis exprimer en radian le diamètre apparent α du bougeoir en fonction de d et h.

Le bougeoir, l'œil et le pied du bougeoir forment un triangle rectangle (schéma ci-dessous). Dans ce triangle : $\tan(\alpha) = \dfrac{h}{d}$.

Avec l'approximation $\tan(\alpha) \approx \alpha$ (angle petit, en radian) :

$\alpha \approx \dfrac{h}{d}$ (en rad)

COMPRENDRE
Le diamètre apparent dépend de la taille et de la distance : deux fois plus loin, l'objet paraît deux fois plus petit.



1.1 · Diamètre apparent du bougeoir vu par l'œil

1.2 À la même distance d, exprimer en radian le diamètre apparent α' d'une tour de hauteur H.

Même raisonnement dans le triangle rectangle formé par l'œil et la tour :

$\alpha' \approx \dfrac{H}{d}$ (en rad)

1.3 Vérifier que la comparaison d'Arago correspond à un grossissement $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$ voisin de 400.

Données utiles $h = 17$ cm ; $H = 69$ m

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{H/d}{h/d} = \frac{H}{h}$$

$$G = \frac{69\ \text{m}}{0{,}17\ \text{m}} = 4{,}1 \times 10^2$$

$G \approx 4{,}1 \times 10^2$, voisin de 400 : la comparaison d'Arago est cohérente.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme h et H, exprimées dans la même unité.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{69}{0.17}$ ≈ 405.8824

1.4 Pourquoi Arago dit-il que Victor Hugo a fait un grand voyage ? Vérifier que les distances citées sont dans le rapport G.

Données utiles 90 000 lieues et 225 lieues

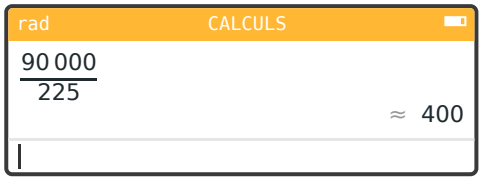
La lunette multiplie le diamètre apparent de la Lune par $G = 400$. Or, à taille fixée, le diamètre apparent est inversement proportionnel à la distance ($\alpha \approx \dfrac{AB}{D}$). Victor Hugo voit donc la Lune comme s'il était 400 fois plus près d'elle : c'est le « voyage ».

$$\frac{90\,000 \text{ lieues}}{225 \text{ lieues}} = 400$$

Le rapport des distances vaut 400, égal au grossissement G de la lunette.

COMPRENDRE
Inutile de convertir les lieues : un rapport de deux longueurs dans la même unité est sans dimension.

À LA CALCULATRICE



2.1.1 Où se forme l'image A_1B_1 de la Lune donnée par l'objectif L_1 ?

Données utiles $D = 384\,400$ km ; $f'_1 = 6{,}0$ m

La distance Terre-Lune ($D \approx 3{,}8 \times 10^8$ m) est immense devant $f'_1 = 6{,}0$ m : la Lune est un objet à l'infini pour l'objectif.

A_1B_1 se forme dans le plan focal image de L_1 : A_1 est confondu avec F'_1.

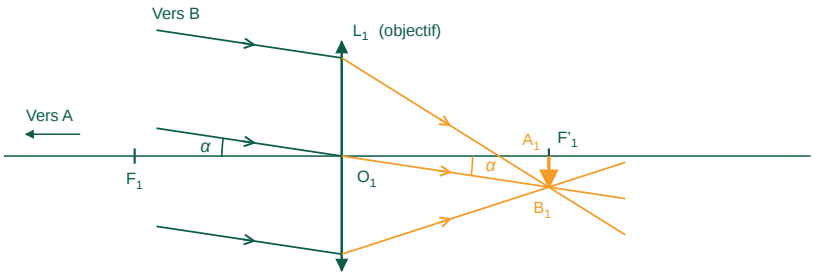
MÉTHODE
Objet à l'infini : image dans le plan focal image.
Image à l'infini : objet dans le plan focal objet.
Ces deux règles suffisent pour toute la lunette.

2.1.2 Construire l'image A_1B_1 sur la figure a. en annexe.

- Le rayon passant par O_1 n'est pas dévié : il coupe le plan focal image en B_1.
- Les autres rayons venant de B, parallèles à lui, convergent aussi en B_1.
- A_1 est en F'_1 ; A_1B_1 est perpendiculaire à l'axe optique.

Image A_1B_1 dans le plan focal image, renversée, B_1 sous l'axe (figure ci-dessous).

PIÈGE
Faire passer les rayons venant de B par F'_1 : seuls les rayons parallèles à l'axe y passent. Les rayons inclinés convergent en un foyer secondaire, B_1.



2.1.2 · Figure a. complétée (tracés de l'élève en orange)

2.1.3 Exprimer la taille de A_1B_1 en fonction de f_1' et du diamètre apparent de la Lune, puis la calculer.

Données utiles $\alpha \approx 8{,}5$ mrad ; $f_1' = 6{,}0$ m

Dans le triangle $O_1A_1B_1$, rectangle en A_1, l'angle en O_1 vaut α et $O_1A_1 = f_1'$:

$\tan(\alpha) = \dfrac{A_1B_1}{f_1'} \approx \alpha$, d'où $A_1B_1 = \alpha \times f_1'$.

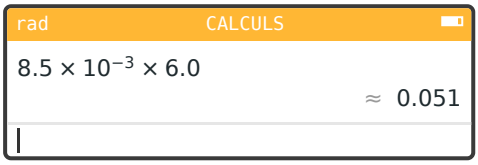
$$A_1B_1 = 8{,}5 \times 10^{-3} \times 6{,}0 = 5{,}1 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$A_1B_1 = \alpha\, f_1' = 5{,}1 \times 10^{-2}$ m, soit 5,1 cm

COMPRENDRE

α en radian. Avec $\dfrac{AB}{D}$ on trouverait 9,0 mrad et 5,4 cm : le sujet impose 8,5 mrad, on garde sa valeur.

À LA CALCULATRICE



2.2.1 La lunette étant afocale, où doit se trouver l'image intermédiaire A_1B_1 par rapport à L_2 ?

L'image définitive $A'B'$ est à l'infini ; or une lentille donne une image à l'infini d'un objet placé dans son plan focal objet.

A_1B_1 doit se trouver dans le plan focal objet de l'oculaire L_2 : A_1 est confondu avec F_2.

2.2.2 En déduire la position des foyers objet et image de L_2 et les placer sur la figure b.

Données utiles $f_2' = 1{,}5$ cm

A_1 est à la fois en F_1' (Q2.1.1) et en F_2 (Q2.2.1).

F_2 est confondu avec F_1' ; F_2' est le symétrique de F_2 par rapport à O_2, avec $O_2F_2' = f_2' = 1{,}5$ cm (figure de Q2.2.3).

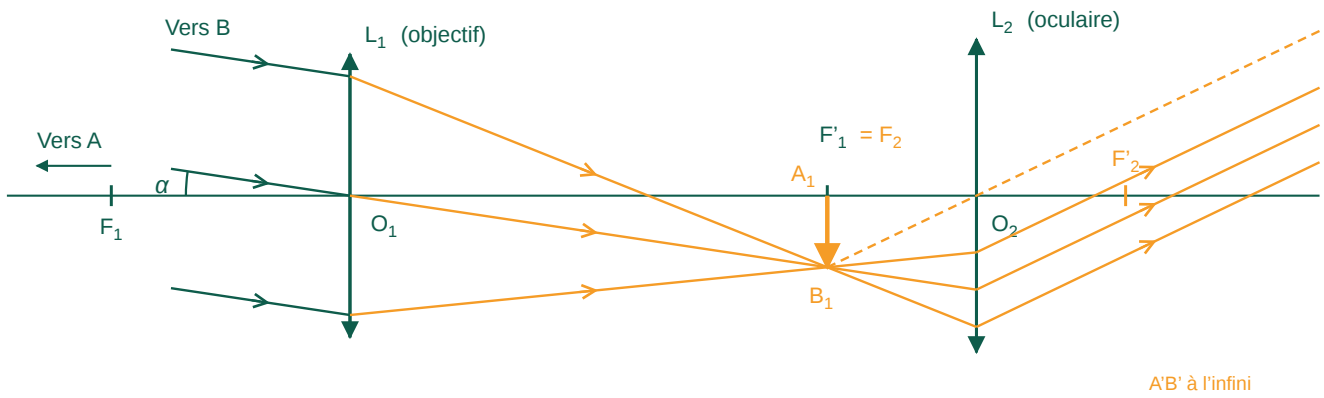
COMPRENDRE

Le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire confondus : c'est la définition d'une lunette afocale. La longueur de la lunette vaut alors $f_1' + f_2'$.

2.2.3 Construire l'image $A'B'$ de A_1B_1 à travers l'oculaire L_2.

- On trace le rayon issu de B_1 passant par O_2 (tirets) : il n'est pas dévié.
- B_1 étant dans le plan focal objet de L_2, tous les rayons issus de B_1 ressortent parallèles à ce rayon.

$A'B'$ est à l'infini ; les rayons émergents sont parallèles à (B_1O_2), et B' est dans la direction d'où ils semblent venir.



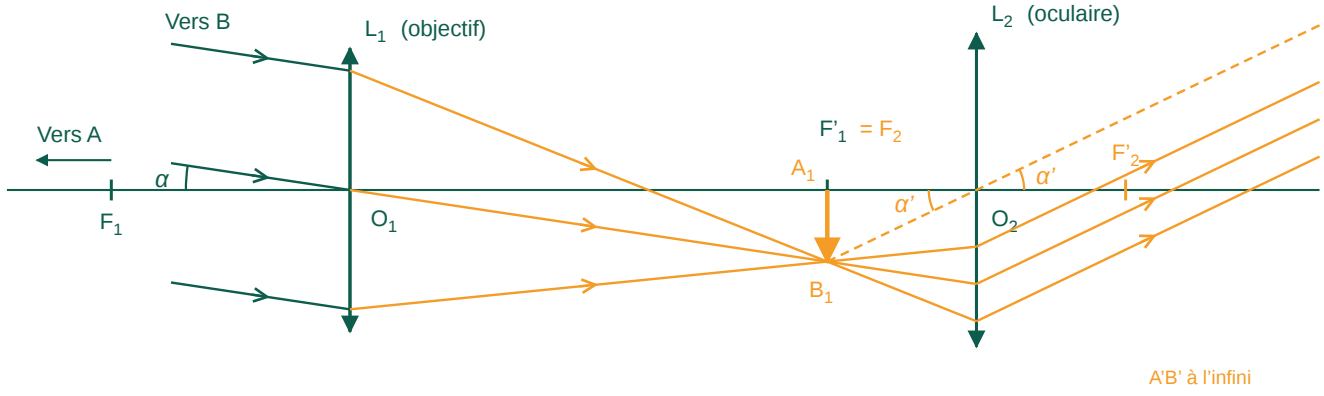
2.2.3 · Figure b. : foyers de l'oculaire et construction de A'B' (en orange)

2.2.4 Représenter sur la figure b. le diamètre apparent α' de l'image $A'B'$ et l'exprimer en fonction de A_1B_1 et de f'_2.

α' est l'angle entre l'axe optique et les rayons émergents, égal à l'angle $\widehat{A_1O_2B_1}$.

Dans le triangle $O_2A_1B_1$, rectangle en A_1, avec $O_2A_1 = O_2F_2 = f'_2$:

$$\tan(\alpha') = \frac{A_1B_1}{f'_2}, \text{ soit } \alpha' \approx \frac{A_1B_1}{f'_2}$$



2.2.4 · Figure b. complétée avec le diamètre apparent α' (en orange)

2.3.1 Montrer que $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ est égal au rapport des distances focales des deux lentilles.

D'après Q2.1.3, $\alpha \approx \frac{A_1B_1}{f'_1}$; d'après Q2.2.4, $\alpha' \approx \frac{A_1B_1}{f'_2}$.

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{A_1B_1}{f'_2} \times \frac{f'_1}{A_1B_1}$$

$$G = \frac{f'_1}{f'_2}$$

MÉTHODE

Exprimer les deux angles avec la même longueur A_1B_1 : elle se simplifie dans le rapport.

2.3.2 Calculer la valeur de G et conclure.

Données utiles $f'_1 = 6{,}0$ m ; $f'_2 = 1{,}5$ cm

$$G = \frac{f'_1}{f'_2} = \frac{6{,}0}{1{,}5 \times 10^{-2}} = 4{,}0 \times 10^2$$

$G = 4{,}0 \times 10^2$: c'est bien le grossissement de 400 rapporté par Victor Hugo.

PIÈGE
Oublier de convertir f'_2 en mètres : on trouverait $G = 4$.

À LA CALCULATRICE

