Corrigé complet — Bac S 2005 Liban (ancien programme)

Physique-chimie, Bac S (épreuve écrite) **16 points** **3 h 30**

Ex 1	**Les sons chez les dauphins** Onde mécanique progressive · Onde longitudinale · Période et fréquence · Retard et célérité · Longueur d'onde · Écholocalisation	4 pts	52 min	6 questions	p. 2
Ex 2	**De la poudre de tara au gallate de propyle** Chauffage à reflux · Couple acide-base et constante d'acidité · Diagramme de prédominance · Estérification · Catalyseur · Rendement d'une synthèse	7 pts	1 h 31	8 questions	p. 5
Ex 3	**Oscillateur électrique** Charge d'un condensateur · Constante de temps du dipôle RC · Analyse dimensionnelle · Oscillations libres du circuit LC · Période propre · Énergies électrique et magnétique	5 pts	1 h 05	5 questions	p. 9
Ex 4	**Spécialité : Lunette astronomique** Lentille mince convergente · Vergence · Relation de conjugaison · Construction d'une image · Lunette astronomique afocale · Grossissement	4 pts	52 min	8 questions	p. 14

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.

Les sons chez les dauphins

Bac S 2005 Liban (ancien programme) · Exercice 1 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Partie A. Définir une onde mécanique.

Une onde mécanique est la propagation d'une perturbation dans un milieu matériel, **sans transport de matière** mais avec transport d'énergie.

PIÈGE
Oublier « sans transport de matière » ou « milieu matériel » : ce sont les deux expressions attendues. Une onde mécanique ne se propage pas dans le vide.

2 Partie A. a) D'après le modèle des chariots et des ressorts, l'onde sonore est-elle longitudinale ou transversale ? b) De quelle propriété du milieu, modélisée par le ressort, dépend la célérité ? c) Même question pour la masse d'un chariot.

a) Chaque chariot se déplace le long de la file, donc parallèlement à la direction dans laquelle l'onde avance. La perturbation et la propagation ont la même direction : l'onde sonore est **longitudinale**.

b) Le ressort représente la capacité du milieu à se comprimer puis à se détendre : la célérité dépend de l'**élasticité** (rigidité, compressibilité) du milieu. Plus le ressort est raide, plus la perturbation est transmise vite au chariot suivant.

c) La masse du chariot représente l'**inertie** du milieu, liée à sa masse volumique. Plus un chariot est lourd, plus il tarde à se mettre en mouvement et plus l'onde est lente.

a) onde longitudinale ; b) élasticité (rigidité) du milieu ; c) inertie (masse volumique) du milieu.

COMPRENDRE
L'oscillateur masse-ressort ne figure plus au programme actuel de spécialité. Retenir l'idée : la célérité augmente avec la rigidité du milieu et diminue avec son inertie.

MÉTHODE
Longitudinale ou transversale : comparer la direction du déplacement d'un point du milieu à la direction de propagation. Parallèles : longitudinale. Perpendiculaires : transversale, comme sur une corde.

1 Partie B. À quelles fréquences se situent les ultrasons ?

Données utiles sons audibles : de 20 Hz à 20 kHz

Les ultrasons sont plus aigus que les sons audibles : leur fréquence dépasse la limite supérieure du domaine audible.

Ultrasons : $f > 20\ \text{kHz}$

PIÈGE
Confondre avec les infrasons, dont la fréquence est inférieure à 20 Hz.

2 Partie B. a) Déterminer la fréquence des ondes ultrasonores émises. b) Déterminer le retard du récepteur 2 sur le récepteur 1 (inférieur à la période), puis la célérité des ultrasons dans l'eau. c) Définir puis calculer la longueur d'onde.

Données utiles $d = 12\ \text{mm}$; figure 2 : U en fonction de t (µs) pour les deux récepteurs

a) Sur la figure 2, trois périodes occupent $60\ \mu\text{s}$: $T = \dfrac{60}{3} = 20\ \mu\text{s} = 2{,}0 \times 10^{-5}\ \text{s}$.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2{,}0 \times 10^{-5}} = 5{,}0 \times 10^{4}\ \text{Hz} = 50\ \text{kHz}$$

b) Le récepteur 1 passe par un maximum à $t_1 = 5\ \mu\text{s}$, le récepteur 2 passe par le maximum suivant à $t_2 = 13\ \mu\text{s}$:

$\tau = t_2 - t_1 = 13 - 5 = 8\ \mu\text{s}$, bien inférieur à T.

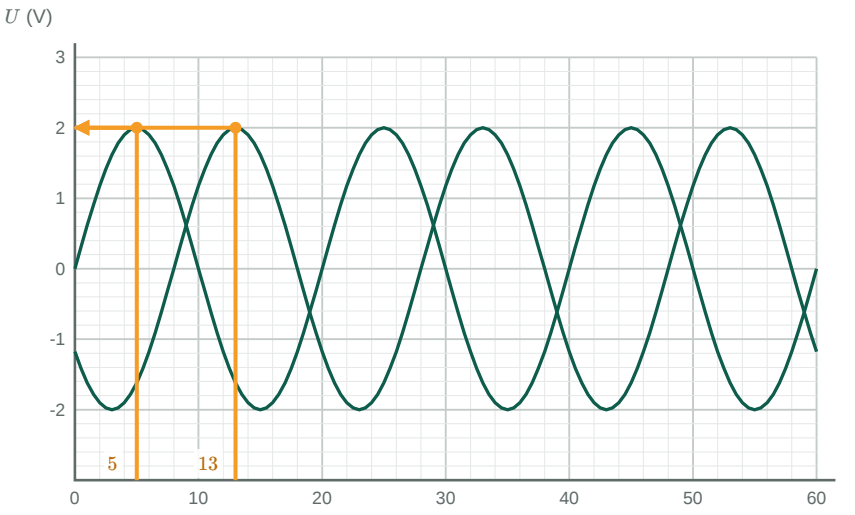
L'onde parcourt la distance d pendant la durée τ :

$$v = \frac{d}{\tau} = \frac{12 \times 10^{-3}}{8 \times 10^{-6}} = 1{,}5 \times 10^{3}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

c) La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant une période T (c'est sa période spatiale).

$$\lambda = v\,T = 1{,}5 \times 10^{3} \times 2{,}0 \times 10^{-5} = 3{,}0 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

$f = 50\ \text{kHz}$; $\tau = 8\ \mu\text{s}$; $v = 1{,}5 \times 10^{3}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $\lambda = 3{,}0\ \text{cm}$



2 · Figure 2 du sujet : deux maximums voisins, récepteur 1 puis récepteur 2

PIÈGE
Lire le retard dans le mauvais sens (de la courbe 2 vers la courbe 1 suivante) donne $12\ \mu\text{s}$. Sans calculatrice, convertir µs et mm avant de diviser.

COMPRENDRE
Les lectures graphiques et d ont deux chiffres significatifs : les résultats aussi. On vérifie que $d = 12\ \text{mm}$ est plus petit que $\lambda = 30\ \text{mm}$, ce qui s'accorde avec $\tau < T$.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs périodes puis diviser : la lecture est plus précise. Pour le retard, repérer deux points identiques (deux maximums) sur les deux courbes.

3 Partie B. Comparer la durée totale d'un clic et la durée entre deux clics d'un train. Justifier la représentation d'un train de clics (figure 4).

Données utiles figure 3 : un clic, t en µs ; figure 4 : train de clics, t en ms

Figure 3 : le clic débute vers $20\ \mu s$ et s'achève vers $70\ \mu s$ (cinq oscillations de $10\ \mu s$), donc $\Delta t_1 \approx 50\ \mu s$.

Figure 4 : huit clics, soit sept intervalles, entre $10\ ms$ et $360\ ms$: $\Delta t_2 = \dfrac{360-10}{7} = 50\ ms$.

$$\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \frac{50\times10^{-3}}{50\times10^{-6}} = 1{,}0\times10^{3}$$

À l'échelle de la figure 4 (en millisecondes), un clic de quelques dizaines de microsecondes a une largeur invisible : il se réduit à un trait vertical.

La durée d'un clic est environ 1000 fois plus petite que la durée entre deux clics, d'où les traits verticaux.

PIÈGE
Les deux figures n'ont pas la même unité de temps : µs pour la figure 3, ms pour la figure 4. Comparer 50 et 50 sans convertir conduit à une conclusion fausse.

COMPRENDRE
En comptant les faibles ondulations avant et après le clic, on peut lire jusqu'à $60\ \mu s$: le rapport reste voisin de 1000 et la conclusion ne change pas.

4 Partie B. a) Déterminer l'intervalle de temps Δt entre l'émission d'un clic et la réception de son écho (inférieur à la durée entre deux clics). b) En déduire la distance H du dauphin au fond marin.

Données utiles clics espacés de $220\ ms$; $v = 1530\ m\cdot s^{-1}$; figure 5 : émission et réception, t en ms

a) Figure 5 : le premier clic est émis à $220\ ms$ et le premier écho est reçu à $420\ ms$.

$\Delta t = 420 - 220 = 200\ ms = 0{,}20\ s$, bien inférieur à $220\ ms$.

b) Pendant Δt, l'onde fait un aller-retour entre le dauphin et le fond : elle parcourt $2H$.

$$v = \frac{2H}{\Delta t} \quad \text{donc} \quad H = \frac{v\,\Delta t}{2} = \frac{1530\times0{,}20}{2} = 153\ m$$

$\Delta t = 0{,}20\ s$; $H \approx 1{,}5\times10^{2}\ m$

PIÈGE
Oublier l'aller-retour et écrire $H = v\,\Delta t$: on trouve $306\ m$, le double de la profondeur.

COMPRENDRE
Δt est lu sur le graphique avec deux chiffres significatifs : H s'arrondit à $1{,}5\times10^{2}\ m$. L'écho (trait fin) revient juste avant l'émission du clic suivant.

De la poudre de tara au gallate de propyle

Bac S 2005 Liban (ancien programme) · Exercice 2 **7 points** **Durée conseillée 1 h 31**

1 Partie A. a) Compléter la légende du montage de chauffage à reflux (annexe). b) Indiquer l'intérêt du chauffage à reflux. c) Comment s'assurer rapidement que le pH atteint la valeur souhaitée ?

a) Voir l'annexe complétée : réfrigérant à boules, ballon, chauffe-ballon ; l'eau entre par le bas du réfrigérant et sort par le haut.

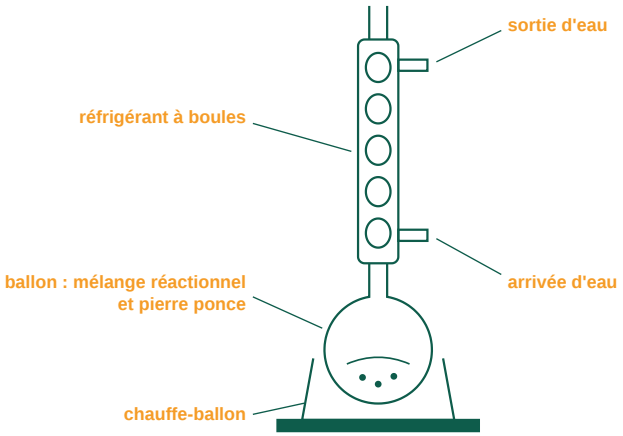
b) Chauffer élève la température, qui est un facteur cinétique : la saponification est plus rapide. Les vapeurs formées se liquéfient dans le réfrigérant et retombent dans le ballon : aucune espèce n'est perdue.

c) On dépose une goutte de solution, prélevée avec une baguette de verre, sur un morceau de papier pH et on compare la teinte obtenue à l'échelle de couleurs.

Le reflux accélère la transformation sans perte de matière ; le pH se contrôle au papier pH.

PIÈGE
Inverser l'arrivée et la sortie d'eau. L'eau entre toujours par le bas : le réfrigérant se remplit entièrement et reste froid sur toute sa hauteur.

COMPRENDRE
Deux idées sont attendues en b) : l'effet de la température sur la durée de la transformation, et le rôle du réfrigérant qui conserve les réactifs et les produits. Une seule des deux ne donne que la moitié des points.



1 · Annexe complétée : montage de chauffage à reflux

2 Partie A. Écrire la formule semi-développée de l'ion gallate.

L'ion gallate est la base conjuguée de l'acide gallique : le groupe carboxyle $-\mathrm{COOH}$ a cédé un ion H^+ et devient le groupe carboxylate $-\mathrm{COO}^-$.

Ion gallate : $\mathrm{C_6H_2(OH)_3-COO^-}$

PIÈGE
Oublier la charge négative, ou retirer l'hydrogène d'un groupe hydroxyle $-\mathrm{OH}$ du cycle : le $\mathrm{p}K_a$ de 3,1 est celui du groupe carboxyle.

3 Partie A. a) Équation de la réaction de AH avec l'eau. b) Expression de K_a. c) Calculer $[AH]_{éq}/[A^-]_{éq}$ à pH = 1,5 et indiquer l'espèce prédominante. d) Domaines de prédominance sur un axe de pH, à justifier. e) Pourquoi refroidit-on ? f) Procédé pour vérifier la pureté.

Données utiles $pK_a = 3{,}1$; pH = 1,5 ; température de fusion de l'acide gallique : 253 °C ; très peu soluble dans l'eau froide

a) $AH\,(aq) + H_2O\,(l) = A^-\,(aq) + H_3O^+\,(aq)$

b) $K_a = \dfrac{[A^-]_{éq} \times [H_3O^+]_{éq}}{[AH]_{éq}}$

c) On isole le rapport demandé, avec $[H_3O^+]_{éq} = 10^{-pH}$ et $K_a = 10^{-pK_a}$:

$$\frac{[AH]_{éq}}{[A^-]_{éq}} = \frac{[H_3O^+]_{éq}}{K_a} = 10^{pK_a - pH} = 10^{3{,}1-1{,}5} = 10^{1{,}6} \approx 40$$

Le rapport est supérieur à 1 : $[AH]_{éq} > [A^-]_{éq}$, l'acide gallique AH prédomine.

d) Voir l'axe. D'après c), $[AH]_{éq} > [A^-]_{éq}$ équivaut à $10^{pK_a - pH} > 1$, soit $pH < pK_a$: AH prédomine en dessous de 3,1. À l'inverse, A^- prédomine pour $pH > 3{,}1$. Les deux concentrations sont égales à $pH = pK_a$.

e) L'acide gallique est soluble dans l'eau chaude mais très peu dans l'eau froide. À froid, l'acide formé lors de l'ajout d'acide chlorhydrique précipite presque entièrement : on le récupère par filtration.

f) On mesure sa température de fusion sur un banc Kofler : le solide est pur si elle vaut 253 °C.

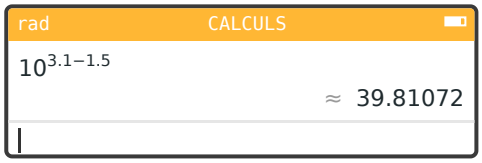
$\dfrac{[AH]_{éq}}{[A^-]_{éq}} = 10^{1{,}6} \approx 40$: AH prédomine à pH = 1,5.

PIÈGE
Calculer le rapport inverse $[A^-]_{éq}/[AH]_{éq} = 10^{pH-pK_a}$. Contrôle rapide : à pH inférieur au pK_a, la forme acide domine, donc le rapport demandé doit dépasser 1.

COMPRENDRE
L'épreuve se passait sans calculatrice : $10^{1{,}6}$ suffisait. À pH 11, c'est l'ion gallate, soluble, qui est présent ; l'acide chlorhydrique le transforme en AH, qui ne reste pas dissous à froid.

MÉTHODE
Autre contrôle de pureté possible : une chromatographie sur couche mince, avec un dépôt du solide obtenu et un dépôt d'acide gallique de référence. Une seule tache, à la même hauteur que la référence, indique un produit pur.

À LA CALCULATRICE





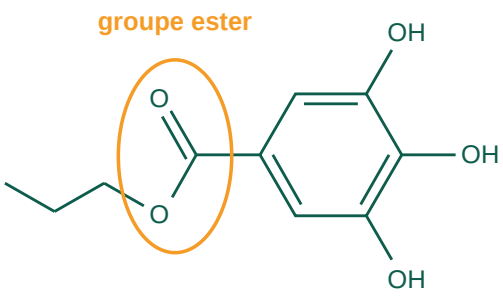
3 · Domaines de prédominance du couple AH / A^-

1 Partie B. Nommer le groupe caractéristique obtenu et l'entourer dans la formule topologique du gallate de propyle (annexe).

Le gallate de propyle contient l'enchaînement $-CO-O-C$: un carbone doublement lié à un oxygène et lié à un second oxygène, lui-même lié à une chaîne carbonée.

Le groupe caractéristique obtenu est le groupe **ester** (entouré sur l'annexe).

PIÈGE
N'entourer que $C{=}O$: ce serait un groupe carbonyle. Le groupe ester comprend le carbone et ses deux atomes d'oxygène.



1 · Annexe complétée : groupe ester du gallate de propyle

2 Partie B. Donner la formule semi-développée et le nom de l'alcool B utilisé pour cette synthèse.

Dans l'ester $C_6H_2(OH)_3-COO-C_3H_7$, la chaîne $-C_3H_7$ provient de l'alcool. Sur la formule topologique, cette chaîne est linéaire et liée à l'oxygène par un carbone d'extrémité : le groupe hydroxyle de l'alcool est porté par le carbone 1.

Alcool B : propan-1-ol, $CH_3-CH_2-CH_2-OH$

PIÈGE
Répondre « propanol » sans indice de position. La formule brute C_3H_8O correspond aussi au propan-2-ol, qui donnerait une chaîne ramifiée sur la formule topologique.

3 Partie B. a) Écrire l'équation de la réaction de synthèse du gallate de propyle. b) Nommer cette réaction et indiquer deux caractéristiques principales. c) Rôle de l'acide sulfurique ? d) Rôle de la pierre ponce ?

a) L'acide gallique réagit avec le propan-1-ol :

$$C_6H_2(OH)_3-COOH + CH_3-CH_2-CH_2-OH$$
$$= C_6H_2(OH)_3-COO-CH_2-CH_2-CH_3 + H_2O$$

b) C'est une estérification. Elle est lente et limitée : l'état final est un équilibre où il reste de l'acide et de l'alcool.

c) L'acide sulfurique est un catalyseur : il augmente la vitesse de la réaction sans modifier l'état final, et il n'apparaît pas dans l'équation.

d) La pierre ponce régularise l'ébullition : les bulles de vapeur se forment à sa surface, ce qui évite les projections.

Estérification, lente et limitée, catalysée par l'acide sulfurique.

PIÈGE
Écrire une flèche simple dans l'équation, ou oublier la molécule d'eau : l'estérification produit un ester et de l'eau, et la transformation n'est pas totale.

COMPRENDRE
Le chauffage et le catalyseur jouent sur la durée, pas sur le rendement. Seule une modification des quantités (excès d'un réactif, élimination d'un produit) change la composition de l'état final.

4 Partie B. Le rendement de la synthèse est de 70 %. Quelle masse de gallate de propyle peut-on espérer obtenir à partir de $m = 17{,}0$ g d'acide gallique ?

Données utiles $M(\text{acide}) = 170\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{ester}) = 212\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; rendement $\eta = 0{,}70$; mélange équimolaire

Quantité d'acide gallique : $n_{\text{acide}} = \dfrac{m}{M(\text{acide})} = \dfrac{17{,}0}{170} = 0{,}100\ \text{mol}$

Le mélange est équimolaire et une mole d'acide donne une mole d'ester : si la transformation était totale, $n_{\max} = n_{\text{acide}} = 0{,}100\ \text{mol}$.

Avec le rendement $\eta = \dfrac{n_{\text{ester}}}{n_{\max}}$:

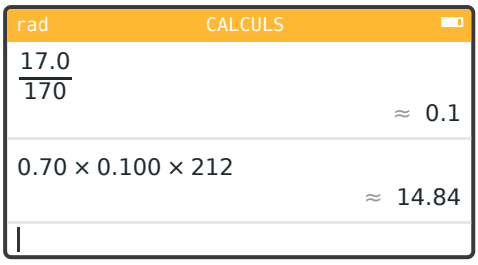
$$m_{\text{ester}} = \eta \times n_{\max} \times M(\text{ester}) = 0{,}70 \times 0{,}100 \times 212 = 15\ \text{g}$$

$m_{\text{ester}} \approx 15\ \text{g}$

PIÈGE
Appliquer les 70 % à la masse d'acide ($0{,}70 \times 17{,}0 = 11{,}9$ g) : le rendement porte sur des quantités de matière d'ester, et les masses molaires de l'acide et de l'ester sont différentes.

COMPRENDRE
Le rendement « 70 % » n'a que deux chiffres significatifs : le résultat 14,84 s'arrondit à 15 g. Sans calculatrice : $0{,}70 \times 0{,}100 = 0{,}070$, puis $0{,}070 \times 212 \approx 14{,}8$.

À LA CALCULATRICE



5 Partie B. Pour préparer le gallate de propyle, a-t-on intérêt à utiliser de l'alcool en excès ? Justifier.

L'estérification est limitée. Un excès d'alcool augmente la concentration d'un réactif : le quotient de réaction diminue et l'équilibre est déplacé dans le sens direct, celui de la formation de l'ester. Une plus grande part de l'acide gallique, réactif limitant, est alors transformée.

Oui : avec l'alcool en excès, le rendement de la synthèse dépasse 70 %.

COMPRENDRE

On met en excès le réactif le moins coûteux et le plus facile à séparer : ici le propan-1-ol, un liquide courant, plutôt que l'acide gallique extrait de la poudre de tara.

Oscillateur électrique

Bac S 2005 Liban (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1 Partie A. Compléter le schéma du montage (figure 1) : symboles du condensateur et du conducteur ohmique, flèches des tensions visualisées sur les voies A et B.

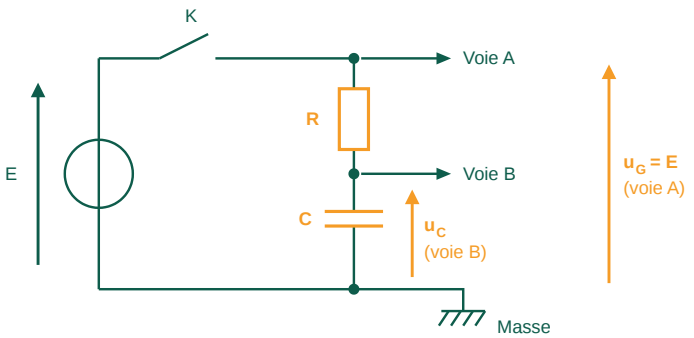
La voie B et la masse doivent encadrer le condensateur : il se place donc entre le point relié à la voie B et la masse. Le conducteur ohmique occupe l'autre emplacement, entre la voie A et la voie B.

Une voie mesure la tension entre son point de branchement et la masse ; la flèche part de la masse et pointe vers la voie :

- voie A : tension $u_G = E$ aux bornes du générateur (interrupteur fermé) ;
- voie B : tension u_C aux bornes du condensateur.

Conducteur ohmique entre les voies A et B, condensateur entre la voie B et la masse (voir figure).

PIÈGE
Inverser les deux dipôles : la voie B afficherait alors la tension aux bornes du conducteur ohmique, et non u_C. La pointe de chaque flèche de tension est du côté de la voie, jamais du côté de la masse.



1 · Figure 1 complétée : dipôles et tensions visualisées (en orange)

2 Partie A. a) Attribuer chaque courbe de la figure 2 à une voie, en justifiant. b) Déterminer E. c) Exprimer la constante de temps τ du dipôle (R, C) et montrer qu'elle a la dimension d'un temps. d) Déterminer τ sur l'oscillogramme en expliquant la méthode.

Données utiles sensibilité verticale : 2 V/div ; base de temps : 0,5 ms/div

a) À la fermeture de K, la tension aux bornes du générateur passe instantanément de 0 à E : c'est l'échelon de la courbe 2, donc la voie A. La tension u_C ne peut pas varier brutalement : elle croît progressivement jusqu'à E pendant la charge. C'est la courbe 1, donc la voie B.

b) Sur la courbe 2, l'échelon a une hauteur de 2,5 divisions :

$E = 2{,}5 \times 2 = 5\ \text{V}$

c) $\tau = RC$.

Loi d'Ohm $u = Ri$: $[R] = \dfrac{[U]}{[I]}$. Avec $q = Cu$ et $i = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$: $[C] = \dfrac{[Q]}{[U]} = \dfrac{[I]\,[T]}{[U]}$.

$$[\tau] = [R]\,[C] = \frac{[U]}{[I]} \times \frac{[I]\,[T]}{[U]} = [T]$$

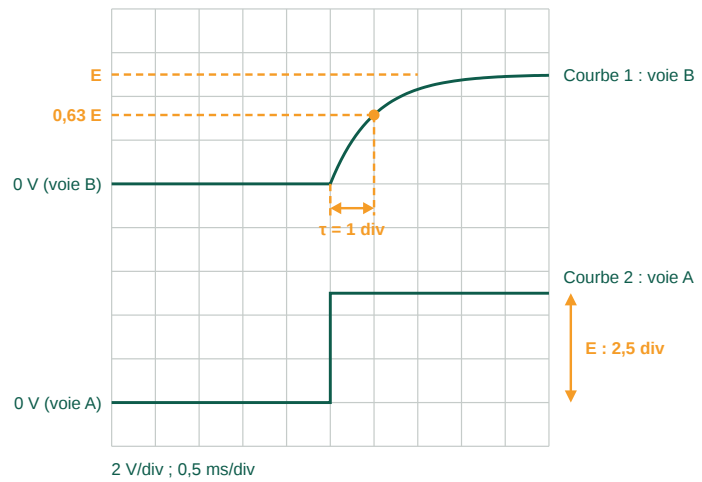
τ a bien la dimension d'un temps.

d) À la date $t = \tau$ après la fermeture, $u_C = 0{,}63\,E = 0{,}63 \times 5 \approx 3{,}2$ V, soit 1,6 division au-dessus du niveau zéro de la courbe 1. La courbe 1 atteint cette hauteur 1 division après le début de la charge :

$\tau = 1 \times 0{,}5 = 0{,}5\ \text{ms}$

Vérification : la charge est pratiquement terminée 5 divisions après la fermeture, ce qui correspond bien à $5\,\tau$.

Courbe 1 : voie B ; courbe 2 : voie A ; $E = 5$ V ; $\tau = RC \approx 0{,}5$ ms



2 · Figure 2 exploitée : lecture de E et de τ

PIÈGE
Chaque voie a son propre niveau zéro : les hauteurs se comptent à partir du palier initial de la courbe, pas à partir du bas de l'écran. Le temps se compte depuis la fermeture de K, pas depuis le bord gauche.

COMPRENDRE
Une lecture d'écran à une demi-division près ne justifie qu'un seul chiffre significatif pour E et pour τ. La tangente à l'origine, qui coupe l'asymptote $u_C = E$ à $t = \tau$, donnerait la même valeur, avec un tracé plus délicat.

MÉTHODE
Analyse dimensionnelle : remplacer chaque grandeur par une relation simple du cours ($u = Ri$, $q = Cu$, $i = \mathrm{d}q/\mathrm{d}t$), puis simplifier le quotient jusqu'à ne garder que des dimensions de base.

1 Partie B. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension u_C aux bornes du condensateur après la fermeture de l'interrupteur K.

Données utiles bobine d'inductance L, de résistance négligeable ; résistance totale du circuit négligeable

On oriente le circuit de sorte que le condensateur et la bobine soient en convention récepteur (voir figure).

Loi des mailles : $u_C + u_L = 0$.

Bobine idéale : $u_L = L\,\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$. Condensateur : $i = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$, donc $\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} = C\,\dfrac{\mathrm{d}^2u_C}{\mathrm{d}t^2}$.

En remplaçant : $u_C + L\,C\,\dfrac{\mathrm{d}^2u_C}{\mathrm{d}t^2} = 0$.

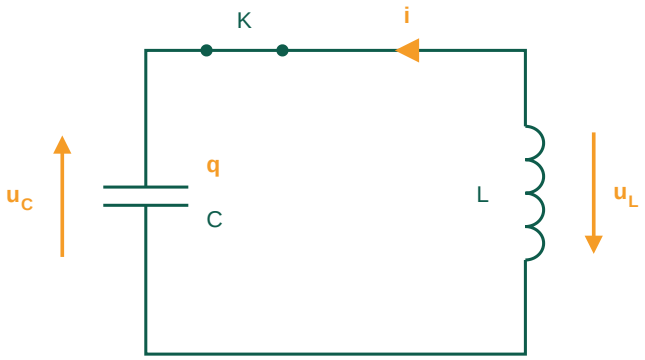
$$\frac{\mathrm{d}^2u_C}{\mathrm{d}t^2} + \frac{1}{L\,C}\,u_C = 0$$

PIÈGE

Les relations $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$ et $u_L = L\,\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ supposent la convention récepteur. Avec une flèche de tension dans le même sens que i, un signe « moins » apparaît et l'équation devient fausse.

COMPRENDRE

La bobine et les oscillations électriques ne figurent plus au programme actuel de spécialité. La partie A (charge d'un condensateur, circuit RC) reste, elle, au programme.



1 · Circuit orienté : condensateur et bobine en convention récepteur

2 Partie B. a) Représenter sur la figure 3 l'allure de $u_C(t)$. b) Avec $C' = 4\,C$ et la même bobine, exprimer la nouvelle période propre T_0' en fonction de T_0. c) Donner les expressions des énergies emmagasinées par le condensateur et par la bobine ; laquelle est nulle à $t = 0$? À quelle date l'autre s'annule-t-elle pour la première fois ?

Données utiles $T_0 = 2\pi\sqrt{L\,C} = 4{,}0 \times 10^{-3}$ s ; $u_C(0) = 5{,}0$ V

a) La résistance étant négligeable, les oscillations sont sinusoïdales et non amorties : u_C varie entre $+5{,}0$ V et $-5{,}0$ V avec la période $T_0 = 4{,}0$ ms. La courbe part de $5{,}0$ V à $t = 0$ avec une tangente horizontale, s'annule à 1 ms, vaut $-5{,}0$ V à 2 ms et retrouve $5{,}0$ V à 4 ms. L'écran montre 2,5 périodes.

b) $T_0' = 2\pi\sqrt{L\,C'} = 2\pi\sqrt{4\,L\,C} = 2 \times 2\pi\sqrt{L\,C}$, soit $T_0' = 2\,T_0$.

c) Condensateur : $E_C = \dfrac{1}{2}\,C\,u_C^2$. Bobine : $E_L = \dfrac{1}{2}\,L\,i^2$.

À $t = 0$, le courant est nul : il l'était avant la fermeture de K et la bobine empêche toute variation brutale de i. Donc $E_L(0) = 0$: c'est l'énergie de la bobine qui est nulle.

E_C s'annule quand $u_C = 0$, pour la première fois au bout d'un quart de période :

$$t = \frac{T_0}{4} = \frac{4{,}0}{4} = 1{,}0 \text{ ms}$$

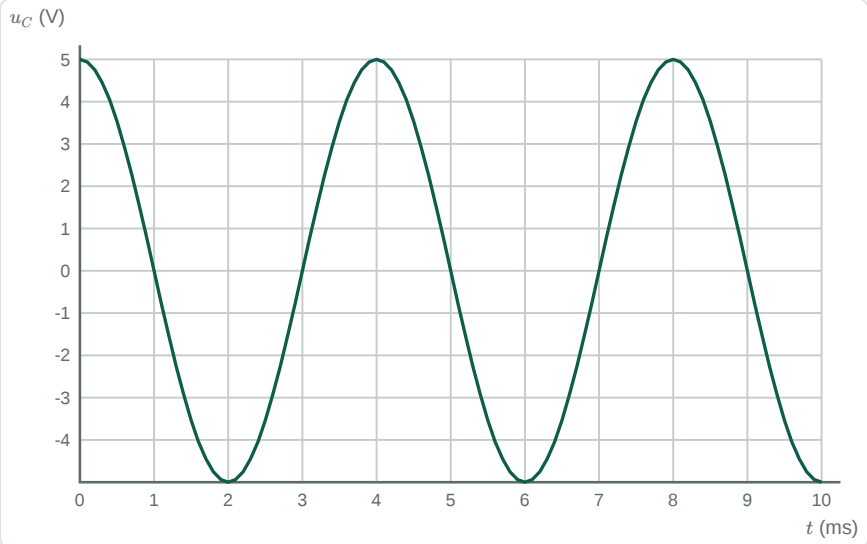
$T_0' = 2\,T_0$; $E_L = 0$ à $t = 0$; $E_C = 0$ pour la première fois à $t = \dfrac{T_0}{4} = 1{,}0$ ms

PIÈGE

Tracer une sinusoïde qui part de 0, ou une courbe amortie. Pour T_0', la capacité est sous la racine : la multiplier par 4 double la période, elle ne la quadruple pas.

COMPRENDRE

Autre justification de $i(0) = 0$: $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$ est proportionnelle à la pente de la courbe, et la tangente est horizontale à $t = 0$. À $T_0/4$, toute l'énergie est passée dans la bobine.



2 · Figure 3 complétée : oscillations sinusoïdales non amorties, $T_0 = 4{,}0$ ms

3 Partie B. La résistance totale du circuit est en réalité faible mais non négligeable. a) Quelle conséquence énergétique ? Justifier. b) Comment qualifie-t-on ce régime ?

a) À chaque échange entre le condensateur et la bobine, le courant traverse la résistance du circuit : une partie de l'énergie est dissipée par effet Joule, sous forme de transfert thermique. L'énergie totale $E_C + E_L$ du circuit diminue donc au cours du temps.

b) L'amplitude des oscillations de u_C décroît progressivement : les oscillations sont amorties. Le régime est dit pseudo-périodique.

Énergie totale décroissante (effet Joule) ; régime pseudo-périodique.

COMPRENDRE

On parle de pseudo-période car la courbe ne se répète plus à l'identique. Pour un amortissement faible, cette pseudo-période reste très proche de T_0.

Spécialité : Lunette astronomique

Bac S 2005 Liban (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Partie A (étude de la lentille L_2). Calculer la vergence de la lentille L_2.

Données utiles $f'_2 = 10\ \text{cm} = 0{,}10\ \text{m}$

La vergence est l'inverse de la distance focale image exprimée en mètre :

$$C_2 = \frac{1}{f'_2} = \frac{1}{0{,}10}$$

$C_2 = 10\ \delta$

PIÈGE
Laisser f'_2 en centimètre donnerait $0{,}10$ au lieu de 10. La dioptrie est un m^{-1} : la distance focale se convertit toujours en mètre.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la donnée $f'_2 = 10$ cm. La calculatrice est interdite : toutes les valeurs du sujet sont choisies pour des calculs de tête.

2 Partie A. Compléter les figures 1.a, 1.b et 1.c de l'annexe : foyers de la lentille L_2 et construction de l'image A_2B_2 de l'objet A_1B_1.

Données utiles $f'_2 = 10$ cm ; échelle horizontale 1/5, échelle verticale 1/1

À l'échelle 1/5, les foyers F_2 et F'_2 sont placés à $\frac{10}{5} = 2{,}0$ cm de O_2 sur l'annexe, de part et d'autre de la lentille.

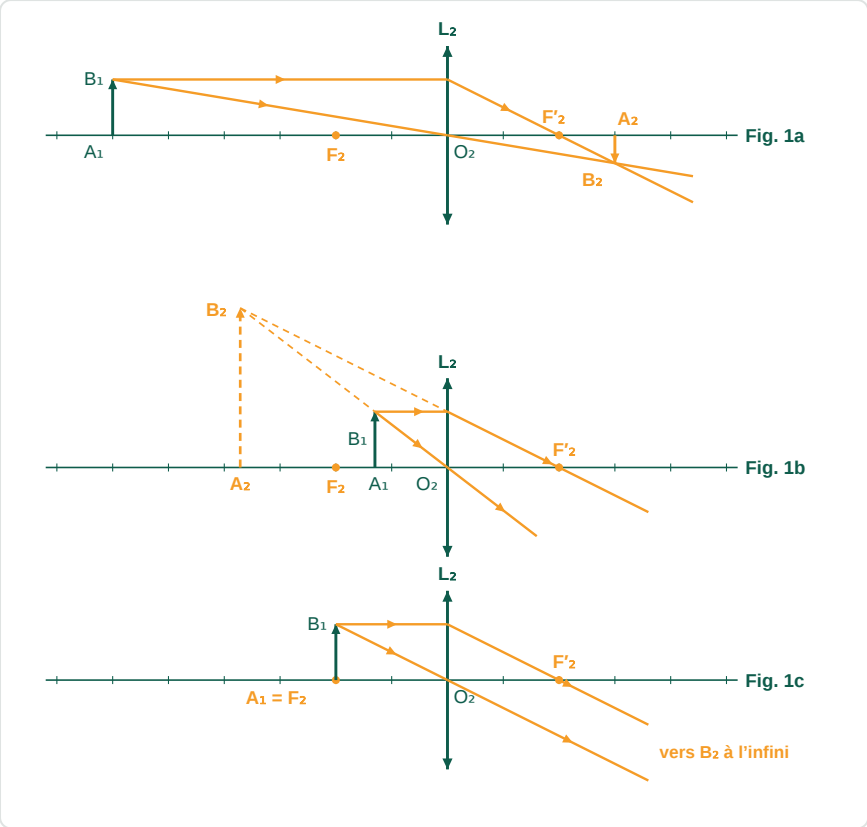
Dans chaque cas, deux rayons issus de B_1 sont tracés : celui qui passe par O_2 n'est pas dévié ; celui qui arrive parallèlement à l'axe optique émerge en passant par F'_2.

- Figure 1.a : les rayons émergents se coupent en B_2, après la lentille. L'image est réelle et renversée.
- Figure 1.b : les rayons émergents divergent ; leurs prolongements (en pointillés) se coupent en B_2, avant la lentille. L'image est virtuelle, droite et agrandie.
- Figure 1.c : A_1 est sur le foyer objet F_2. Les rayons émergents sont parallèles.

1.a : image réelle renversée ; 1.b : image virtuelle droite ; 1.c : image à l'infini.

PIÈGE
Les deux échelles diffèrent. Les distances le long de l'axe sont divisées par 5, les hauteurs sont en vraie grandeur : l'objet de 1 cm reste dessiné avec 1 cm.

MÉTHODE
Un troisième rayon sert de contrôle : celui qui passe par F_2 avant la lentille émerge parallèlement à l'axe optique. Il doit passer lui aussi par B_2.



2 · Figure 1 complétée (1 graduation = 1 cm sur l'annexe, soit 5 cm réels) : foyers, rayons et images en orange

3 Partie A. Dans le cas de la figure 1.a, retrouver par le calcul la position de l'image.

Données utiles $f'_2 = 10$ cm ; sur l'annexe, A_1 est à $6{,}0$ cm avant O_2 (échelle 1/5)

Position réelle de l'objet : $\overline{O_2A_1} = -6{,}0 \times 5 = -30$ cm.

Relation de conjugaison : $\dfrac{1}{\overline{O_2A_2}} - \dfrac{1}{\overline{O_2A_1}} = \dfrac{1}{f'_2}$

$$\frac{1}{\overline{O_2A_2}} = \frac{1}{f'_2} + \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{10} - \frac{1}{30} = \frac{2}{30} = \frac{1}{15}$$

$\overline{O_2A_2} = +15$ cm : l'image est à 15 cm après L_2, soit $3{,}0$ cm sur l'annexe, en accord avec la construction.

PIÈGE
Oublier le signe de $\overline{O_2A_1}$. L'objet est avant la lentille, sa position algébrique est négative : avec $+30$ on obtiendrait 7,5 cm, ce que la construction dément.

COMPRENDRE
Le grandissement vaut $\gamma = \dfrac{\overline{O_2A_2}}{\overline{O_2A_1}} = \dfrac{15}{-30} = -0{,}50$: l'image est renversée et mesure $0{,}50$ cm, comme sur la figure 1.a.

1 Partie B (modèle de lunette astronomique). Quel rôle joue A_1B_1 pour la lentille L_2 ?

A_1B_1 est l'image que la lentille L_1 donne de l'objet AB. La lumière qui en provient traverse ensuite L_2.

A_1B_1 joue le rôle d'objet pour la lentille L_2.

2 Partie B. Comment nomme-t-on les lentilles L_1 et L_2 dans ce système optique ?

L_1 est tournée vers l'objet observé et reçoit sa lumière en premier ; l'œil se place derrière L_2.

L_1 est l'objectif, L_2 est l'oculaire.

COMPRENDRE
L'objectif est toujours la lentille de plus grande distance focale (60 cm ici), l'oculaire celle de plus petite distance focale (10 cm).

3 Partie B. Compléter la figure 2 de l'annexe : lentille L_1 et centre optique O_1, foyers des deux lentilles, image intermédiaire A_1B_1 de hauteur 1 cm, deux rayons traversant les deux lentilles en passant par B_1.

Données utiles $f'_1 = 60$ cm ; $f'_2 = 10$ cm ; $O_1O_2 = 70$ cm ; échelle horizontale 1/10, échelle verticale 1/1

Distances sur l'annexe (échelle 1/10) : O_1 est à 7,0 cm avant O_2 ; F_1 et F'_1 sont à 6,0 cm de O_1 ; F_2 et F'_2 sont à 1,0 cm de O_2.

A_1B_1 est dans le plan focal objet de L_2 : A_1 est en F_2, à 1,0 cm avant O_2. Comme $O_1F_2 = 70 - 10 = 60$ cm $= f'_1$, le point F_2 est confondu avec F'_1.

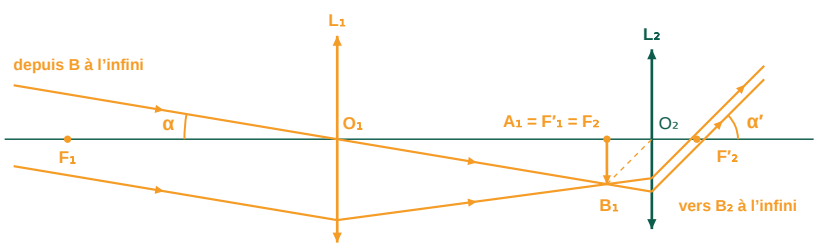
Rayons passant par B_1 :

- le rayon qui passe par O_1 n'est pas dévié par L_1 ;
- un second rayon incident, parallèle au premier, est dévié par L_1 vers B_1 ;
- après L_2, les deux rayons émergent parallèlement à la droite (B_1O_2), tracée en pointillés.

A_1 est confondu avec F'_1 et F_2 ; les rayons qui passent par B_1 entrent parallèles entre eux et ressortent parallèles entre eux.

PIÈGE
Dessiner B_1 du même côté de l'axe que les rayons incidents. Le rayon passant par O_1 traverse l'axe : B_1 se trouve de l'autre côté.

MÉTHODE
B_1 est dans le plan focal objet de L_2 : tous les rayons qui en partent émergent parallèles. Leur direction commune est celle du rayon non dévié, qui irait de B_1 à O_2.



3 · Figure 2 complétée : lentille L_1, foyers, image intermédiaire, deux rayons passant par B_1, angles α et α'

4 Partie B. D'après la construction, où se trouve l'objet AB ? Où se trouve l'image définitive A_2B_2 ?

L'image A_1B_1 donnée par L_1 se forme dans son plan focal image (A_1 en F'_1) : l'objet AB est donc à l'infini. Les rayons issus de B arrivent parallèles entre eux sur L_1.

A_1B_1 est dans le plan focal objet de L_2 (A_1 en F_2) : les rayons émergent de L_2 parallèles entre eux.

L'objet AB est à l'infini et l'image définitive A_2B_2 est à l'infini.

COMPRENDRE
Un tel système est dit afocal. L'œil voit sans accommoder une image située à l'infini : l'observation se fait sans fatigue.

5 Partie B. Grossissement $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$. a) Définir les diamètres apparents α et α'. b) Les indiquer sur la figure 2. c) Exprimer G en fonction des distances focales, puis le calculer. d) En déduire un moyen d'augmenter le grossissement.

Données utiles $f'_1 = 60$ cm ; $f'_2 = 10$ cm ; figure 2 complétée (Q3 de la partie B)

a) α est l'angle sous lequel l'objet AB est vu à l'œil nu. α' est l'angle sous lequel l'image définitive A_2B_2 est vue à travers la lunette.

b) Sur la figure 2, α est l'angle entre l'axe optique et le rayon incident passant par O_1 ; α' est l'angle entre l'axe optique et les rayons émergents.

c) Les angles sont petits : $\tan\alpha \approx \alpha$ et $\tan\alpha' \approx \alpha'$ (en radian).

Dans le triangle $O_1A_1B_1$ rectangle en A_1 : $\alpha \approx \dfrac{A_1B_1}{O_1A_1} = \dfrac{A_1B_1}{f'_1}$

Dans le triangle $O_2A_1B_1$ rectangle en A_1 (les rayons émergents sont parallèles à (B_1O_2)) : $\alpha' \approx \dfrac{A_1B_1}{O_2A_1} = \dfrac{A_1B_1}{f'_2}$

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{A_1B_1}{f'_2} \times \frac{f'_1}{A_1B_1} = \frac{f'_1}{f'_2} = \frac{60}{10}$$

d) G augmente si f'_1 augmente ou si f'_2 diminue : on choisit un objectif de plus grande distance focale ou un oculaire de plus courte distance focale.

$G = \dfrac{f'_1}{f'_2} = 6{,}0$; pour l'augmenter : objectif plus long en focale, ou oculaire plus court.

PIÈGE

Inverser le rapport et écrire $G = \dfrac{f'_2}{f'_1}$. Contrôle : une lunette grossit, donc G est supérieur à 1 et la plus grande distance focale est au numérateur.

COMPRENDRE

G est un rapport de deux longueurs de même unité : il n'a pas d'unité, et les centimètres peuvent être gardés. En pratique, on change d'oculaire, plus simple à remplacer que l'objectif.