Corrigé complet — Bac S 2006 Centres étrangers (ancien programme)

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

Ex 1	**Principe d'une minuterie** Dipôle RC · Charge d'un condensateur · Équation différentielle du premier ordre · Constante de temps · Analyse dimensionnelle	5,5 pts	1 h 05	19 questions	p. 2
Ex 2	**La houle** Onde mécanique progressive périodique · Longueur d'onde et période · Célérité · Exploitation d'un graphe · Milieu dispersif	4 pts	52 min	13 questions	p. 7
Ex 3	**La chimie au service de la parfumerie** Nomenclature des esters · Estérification · Distillation fractionnée · Taux d'avancement final · Facteurs cinétiques · Temps de demi-réaction	6,5 pts	1 h 18	15 questions	p. 11
Ex 4	**Spécialité : Vibrations sonores** Célérité d'une onde sur une corde · Modes propres et fondamental · Son pur et son composé · Circuit d'accord LC · Démodulation d'amplitude	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.

Principe d'une minuterie

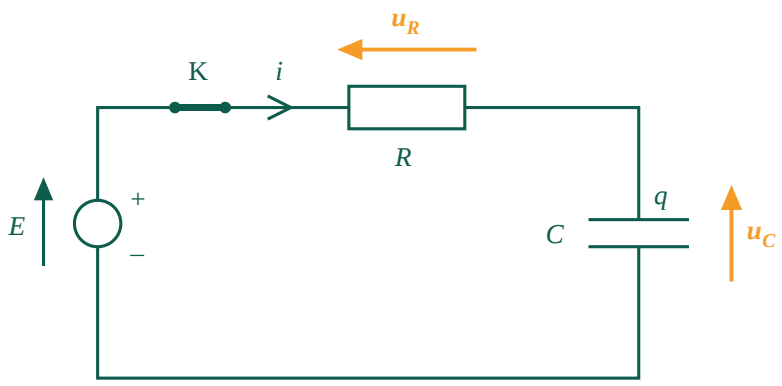
Bac S 2006 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 1 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 En convention récepteur, représenter sur la figure 1 de l'annexe les flèches des tensions u_C et u_R.

En convention récepteur, la flèche de la tension aux bornes d'un dipôle est de sens opposé à celui de la flèche du courant qui le traverse.

Flèche u_R : au-dessus du conducteur ohmique, pointe vers l'interrupteur K. Flèche u_C : le long du condensateur, pointe vers l'armature qui porte la charge q.

PIÈGE
Orienter u_C vers l'armature négative. Avec le sens choisi pour i, le courant arrive sur l'armature de charge q : la pointe de la flèche u_C est de ce côté.



1.1 · Figure 1 de l'annexe complétée : flèches des tensions en orange

1.2 Donner l'expression de u_R en fonction de i.

Loi d'Ohm, en convention récepteur :

$$u_R = R\,i$$

1.3 Donner l'expression de i en fonction de la charge q du condensateur.

L'intensité est le débit de charge arrivant sur l'armature qui porte q :

$$i = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$$

COMPRENDRE
Il n'y a pas de signe « $-$ » parce que le courant, dans le sens positif choisi, arrive sur l'armature de charge q : quand $i > 0$, q augmente.

1.4 Donner la relation liant q et u_C.

$$q = C\,u_C$$

1.5 En déduire l'expression de i en fonction de la capacité C et de la tension u_C.

$i = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t} = \dfrac{\mathrm{d}(C\,u_C)}{\mathrm{d}t}$ et la capacité C est constante, donc :

$$i = C\,\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$$

1.6 En appliquant la loi d'additivité des tensions, établir une relation entre E, u_R et u_C.

Interrupteur fermé, la tension aux bornes du générateur est la somme des tensions aux bornes des deux dipôles en série :

$$E = u_R + u_C$$

1.7 Établir l'équation différentielle (1) à laquelle obéit u_C.

Dans $E = u_R + u_C$, on remplace u_R par Ri (1.2) puis i par $C\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$ (1.5) :

$$RC\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + u_C = E \quad (1)$$

MÉTHODE
Toujours le même enchaînement pour un dipôle RC : loi des mailles, loi d'Ohm, $i = \mathrm{d}q/\mathrm{d}t$, $q = Cu_C$. On obtient une équation où ne restent que u_C et sa dérivée.

1.8.1 Vérifier que $u_C = E\left(1 - \mathrm{e}^{-t/\tau}\right)$, avec $\tau = RC$, est solution de l'équation différentielle (1).

$u_C = E - E\,\mathrm{e}^{-t/\tau}$, donc $\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = \dfrac{E}{\tau}\,\mathrm{e}^{-t/\tau}$.

Membre de gauche de (1), avec $RC = \tau$:

$$\tau \times \frac{E}{\tau}\,\mathrm{e}^{-t/\tau} + E - E\,\mathrm{e}^{-t/\tau} = E$$

On retrouve le membre de droite E à toute date t : la fonction proposée est bien solution de (1).

PIÈGE
La dérivée de $\mathrm{e}^{-t/\tau}$ est $-\dfrac{1}{\tau}\mathrm{e}^{-t/\tau}$. Oublier le facteur $-1/\tau$ empêche les exponentielles de se simplifier.

1.8.2 Vérifier que $u_C = E\left(1 - \mathrm{e}^{-t/\tau}\right)$ respecte la condition initiale.

Le condensateur est déchargé à la fermeture de K : la condition initiale est $u_C(0) = 0$.

$u_C(0) = E\left(1 - \mathrm{e}^{0}\right) = E(1-1) = 0$: la condition initiale est respectée.

1.9.1 Par une analyse dimensionnelle, vérifier que le produit $\tau = RC$ est homogène à une durée.

$u_R = Ri$ donne $[R] = \dfrac{[U]}{[I]}$.

$i = C\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$ donne $[I] = [C]\dfrac{[U]}{[T]}$, soit $[C] = \dfrac{[I]\,[T]}{[U]}$.

$[RC] = \dfrac{[U]}{[I]} \times \dfrac{[I]\,[T]}{[U]} = [T]$: le produit RC est homogène à une durée.

MÉTHODE
Pour trouver la dimension d'une grandeur, partir d'une relation connue qui la contient et l'isoler. Ici, les deux relations utiles sont celles des questions 1.2 et 1.5.

1.9.2 Déterminer graphiquement la valeur de τ sur la courbe $u_C = f(t)$ de l'annexe, en faisant figurer la construction.

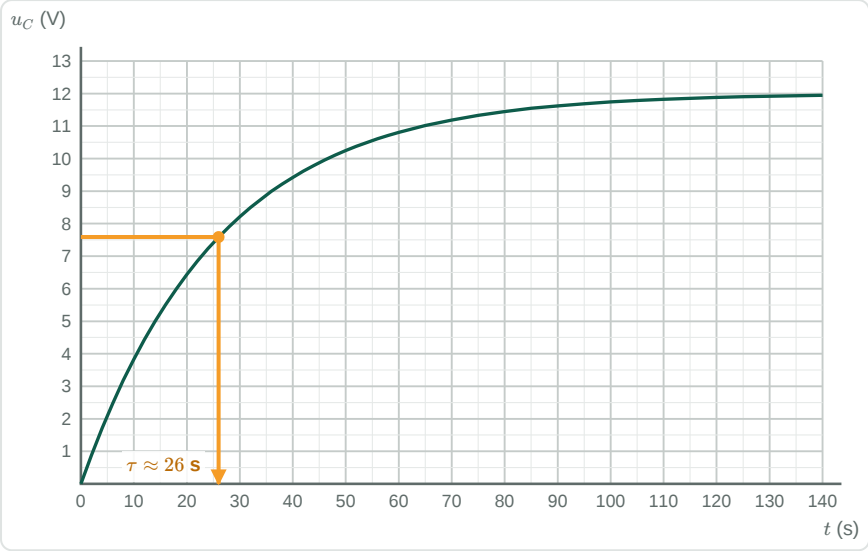
Données utiles $E = 12{,}0$ V

À la date $t = \tau$: $u_C(\tau) = E\left(1 - \mathrm{e}^{-1}\right) = 12{,}0 \times \left(1 - \mathrm{e}^{-1}\right) = 7{,}59$ V, soit 63 % de E.

On trace l'horizontale d'ordonnée 7,6 V jusqu'à la courbe, puis on lit l'abscisse du point d'intersection.

$\tau \approx 26$ s

COMPRENDRE
Une graduation vaut 5 s : la lecture se fait à 1 ou 2 s près, toute valeur entre 25 et 28 s est acceptable. Autre méthode : la tangente à l'origine coupe l'asymptote $u_C = E$ à la date τ.



À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$12.0 \times (1 - e^{-1}) \approx 7.585447$

1.9.2 · Figure 2 de l'annexe : lecture de τ à 63 % de E, soit $u_C(\tau) = 7{,}59$ V

1.9.3 En déduire la valeur de la résistance R, avec deux chiffres significatifs.

Données utiles $\tau \approx 26$ s (1.9.2) ; $C = 120\ \mu\text{F}$

$\tau = RC$ donc $R = \dfrac{\tau}{C}$

$$R = \frac{26}{120 \times 10^{-6}}$$

$R = 2{,}2 \times 10^5\ \Omega$

PIÈGE

Laisser la capacité en microfarads : $120\ \mu\text{F} = 120 \times 10^{-6}$ F. Sans cette conversion, le résultat est un million de fois trop petit.

COMPRENDRE

Deux chiffres significatifs, comme le demande l'énoncé : la lecture graphique de τ n'en fournit pas davantage. Avec $\tau = 27$ s, on obtiendrait $2{,}3 \times 10^5\ \Omega$, résultat tout aussi recevable.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{26}{120 \times 10^{-6}} \approx 216666.7$

2.1 Le condensateur est chargé sous 12 V et la lampe est éteinte. On appuie sur le bouton poussoir P : que devient u_C pendant le contact ? La lampe s'allume-t-elle ?

Données utiles $u_{al} = 6{,}0$ V

Le bouton poussoir enfoncé équivaut à un fil sans résistance entre les deux armatures : le condensateur se décharge instantanément et u_C passe de 12 V à 0 V.

$u_C = 0\ \text{V} < u_{al}$: la lampe s'allume.

2.2.1 On relâche le bouton poussoir. Comment évolue qualitativement la tension aux bornes du condensateur au cours du temps ?

Le bouton relâché est un interrupteur ouvert : on retrouve le circuit de la figure 1, avec un condensateur déchargé relié au générateur à travers R.

Le condensateur se charge : u_C augmente à partir de 0 V, de moins en moins vite, et tend vers $E = 12$ V.

2.2.2 La constante de temps du dipôle RC est $\tau = 25$ s. Comment évolue l'état de la lampe aussitôt après avoir relâché le bouton poussoir ?

La charge n'est pas instantanée ($\tau = 25$ s) : juste après le relâchement, u_C est encore proche de 0 V, donc inférieure à u_{al}.

La lampe reste allumée tant que $u_C < 6{,}0$ V, puis elle s'éteint dès que u_C atteint u_{al}.

COMPRENDRE
C'est le principe de la minuterie : le retard à la charge du condensateur fixe la durée d'éclairage, sans aucune intervention de l'utilisateur après l'appui.

2.2.3 Donner l'expression littérale de la date t_{al} à laquelle u_C atteint la valeur limite u_{al}, en fonction de u_{al}, E et τ.

À la date t_{al} : $u_{al} = E\left(1 - \mathrm{e}^{-t_{al}/\tau}\right)$

$$\mathrm{e}^{-t_{al}/\tau} = 1 - \frac{u_{al}}{E} = \frac{E - u_{al}}{E}$$

$$-\frac{t_{al}}{\tau} = \ln\left(\frac{E - u_{al}}{E}\right)$$

$$\boxed{t_{al} = \tau \ln\left(\frac{E}{E - u_{al}}\right)}$$

MÉTHODE
Pour extraire une date d'une exponentielle : isoler l'exponentielle seule dans un membre, puis prendre le logarithme népérien. Le signe « $-$ » disparaît en inversant la fraction : $-\ln(a/b) = \ln(b/a)$.

2.2.4 Calculer la valeur de t_{al}, durée d'allumage de la lampe.

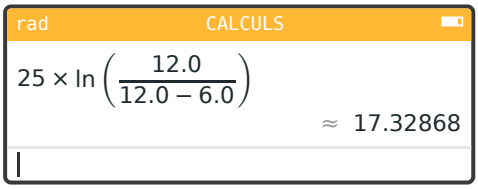
Données utiles $\tau = 25$ s ; $E = 12{,}0$ V ; $u_{al} = 6{,}0$ V

$$t_{al} = 25 \times \ln\left(\frac{12{,}0}{12{,}0 - 6{,}0}\right) = 25 \times \ln 2$$

$$\boxed{t_{al} = 17 \text{ s}}$$

COMPRENDRE
Comme $u_{al} = E/2$, la durée d'allumage vaut $\tau \ln 2 \approx 0{,}69\,\tau$: la lampe s'éteint avant que la date τ soit atteinte.

À LA CALCULATRICE

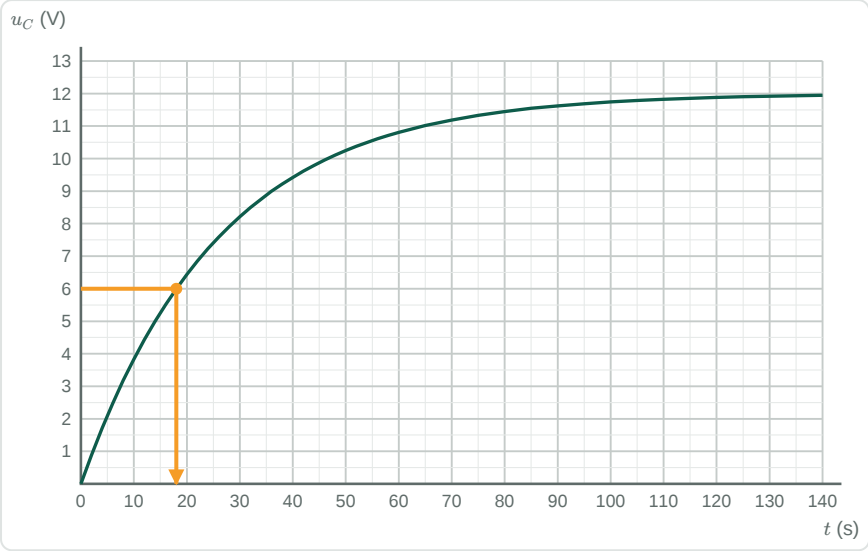


2.2.5 Retrouver graphiquement la valeur de t_{al} sur la courbe $u_C = f(t)$ de l'annexe et indiquer cette durée sur le graphe.

On trace l'horizontale d'ordonnée $u_{al} = 6{,}0$ V jusqu'à la courbe et on lit l'abscisse du point d'intersection.

$t_{al} \approx 18$ s, valeur compatible avec les 17 s calculées.

COMPRENDRE
Le léger écart est normal : la courbe de l'annexe correspond à $\tau \approx 26$ s (1.9.2), alors que le calcul utilise $\tau = 25$ s. Avec 26 s, la formule donne bien 18 s.



2.2.5 · Figure 2 de l'annexe : $u_C = u_{al} = 6{,}0$ V est atteinte à $t_{al} \approx 18$ s

2.3 La tension E étant constante, sur quels paramètres du circuit de la figure 1 peut-on agir pour augmenter la durée d'allumage, et dans quel sens ?

$t_{al} = \tau \ln\left(\dfrac{E}{E - u_{al}}\right)$ avec $\tau = RC$: à E et u_{al} fixées, la durée d'allumage est proportionnelle à R et à C.

Il faut augmenter la résistance R ou la capacité C (ou les deux).

La houle

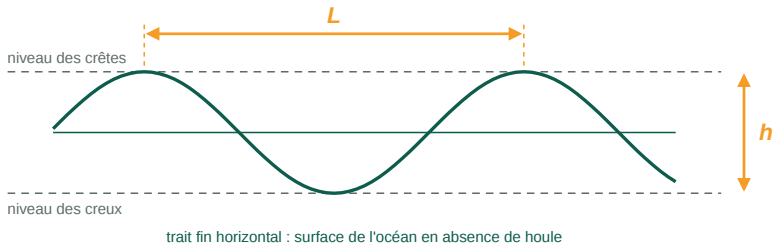
Bac S 2006 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Placer sur le schéma de l'annexe les paramètres « hauteur » et « longueur ».

D'après le texte, la hauteur h est la distance verticale entre le sommet d'une crête et le fond d'un creux ; la longueur L est la distance horizontale entre deux crêtes successives.

Voir l'annexe complétée : h entre les deux lignes pointillées, L d'une crête à la suivante.

PIÈGE
Mesurer h à partir de la surface au repos : on obtiendrait l'amplitude, soit $h/2$. La hauteur va du creux à la crête.



1.1 · Annexe complétée : hauteur h (de la crête au creux) et longueur L (entre deux crêtes successives)

1.2 À quelle grandeur spatiale caractéristique d'un phénomène ondulatoire le terme « longueur » est-il associé ? Quelle est sa définition ?

La longueur L du texte est la **longueur d'onde** λ de la houle (période spatiale).

C'est la plus petite distance, mesurée le long de la direction de propagation, entre deux points du milieu qui vibrent en phase. C'est aussi la distance parcourue par l'onde pendant une période T.

$L = \lambda$: longueur d'onde, en mètre.

COMPRENDRE
Deux crêtes successives sont bien deux points dans le même état vibratoire au même instant : leur écart est la longueur d'onde.

1.3 Quelle grandeur temporelle permet de caractériser une onde mécanique ? Quelle est sa définition ?

C'est la **période** T (période temporelle), en seconde.

La période est la plus petite durée au bout de laquelle un point du milieu retrouve le même état vibratoire : ici, la durée qui sépare le passage de deux crêtes successives en un même point.

Période T : durée d'une oscillation complète d'un point de la surface.

COMPRENDRE
La fréquence $f = 1/T$ caractérise aussi l'onde dans le temps : elle est imposée par la source et ne change pas au cours de la propagation.

2.1 Donner l'expression reliant la hauteur h des vagues, leur longueur L et leur cambrure C_a.

La cambrure est le rapport de la hauteur sur la longueur :

$$C_a = \frac{h}{L}$$

COMPRENDRE
Rapport de deux longueurs : la cambrure n'a pas d'unité.

2.2 Déterminer la longueur des vagues pour les degrés 6, 8, 10 et 12 de l'échelle de Beaufort et placer les valeurs dans le tableau de l'annexe.

Données utiles $C_a = \frac{1}{7}$; hauteurs du tableau de l'annexe : $h_6 = 3{,}00$ m ; $h_8 = 5{,}50$ m ; $h_{10} = 9{,}00$ m ; $h_{12} = 14{,}0$ m

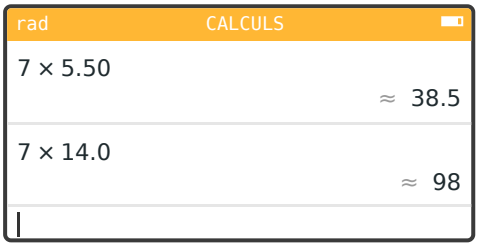
$$L = \frac{h}{C_a} = 7\,h$$

- degré 6 : $L = 7 \times 3{,}00 = 21{,}0$ m
- degré 8 : $L = 7 \times 5{,}50 = 38{,}5$ m
- degré 10 : $L = 7 \times 9{,}00 = 63{,}0$ m
- degré 12 : $L = 7 \times 14{,}0 = 98{,}0$ m

$L_6 = 21{,}0$ m ; $L_8 = 38{,}5$ m ; $L_{10} = 63{,}0$ m ; $L_{12} = 98{,}0$ m (tableau complété : voir 3.3)

COMPRENDRE
Le facteur 7 est un nombre exact : les résultats gardent les trois chiffres significatifs des hauteurs de l'annexe, comme les longueurs déjà inscrites (14,0 ; 28,0…).

À LA CALCULATRICE



3.1 Donner l'expression reliant la longueur L de la question 1.2, la célérité v de l'onde et sa période T.

La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde, à la célérité v , pendant une période T :

$L = v\,T$

MÉTHODE
Vérifier l'homogénéité : $\mathrm{m \cdot s^{-1} \times s = m}$.

3.2 En déduire l'expression reliant la longueur L, la célérité v et la fréquence f de l'onde.

La fréquence est l'inverse de la période : $f = \frac{1}{T}$, donc $T = \frac{1}{f}$.

$$L = \frac{v}{f}$$

3.3 Pour les degrés 7 et 10 de l'échelle de Beaufort, déterminer la célérité v de l'onde et placer les valeurs dans le tableau de l'annexe.

Données utiles degré 7 : $L = 28{,}0$ m ; $T = 3{,}00$ s. Degré 10 : $L = 63{,}0$ m (2.2) ; $T = 4{,}50$ s

D'après 3.1 : $v = \frac{L}{T}$

Degré 7 : $v = \frac{28{,}0}{3{,}00} = 9{,}33\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$

Degré 10 : $v = \frac{63{,}0}{4{,}50} = 14{,}0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$

$v_7 = 9{,}33\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$; $v_{10} = 14{,}0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$

PIÈGE
Écrire $v_{10} = 14$: avec des données à trois chiffres significatifs, le résultat s'écrit $14{,}0$.

COMPRENDRE
Le titre du tableau de l'annexe renvoie à une question « 2.3 » qui n'existe pas : il s'agit de la question 3.3.

Échelle de Beaufort	5	6	7	8	9	10	11	12
Hauteur h (en m)	2,00	3,00	4,00	5,50	7,00	9,00	11,5	14,0
Longueur L (en m)	14,0	21,0	28,0	38,5	49,0	63,0	80,5	98,0
Période T (en s)	2,10	2,60	3,00	3,50	4,00	4,50	5,10	5,60
Célérité v (en m·s⁻¹)	6,67	8,08	9,33	11,0	12,3	14,0	15,8	17,5

3.3 · Annexe complétée : en orange, les valeurs calculées aux questions 2.2 et 3.3

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{28.0}{3.00} \approx 9.333333$

$\frac{63.0}{4.50} \approx 14$

4.1 Quel est le type de la courbe $v^2 = f(L)$ donnée en annexe ? Quelle expression mathématique simple relie alors le carré de la célérité à la longueur ?

La courbe est une droite qui passe par l'origine : v^2 est proportionnel à L.

$v^2 = k\,L$, où k est le coefficient directeur de la droite.

PIÈGE

Dire seulement « une droite » ne suffit pas : c'est le passage par l'origine qui justifie la proportionnalité.

4.2 Calculer le coefficient k caractéristique de cette relation et préciser son unité.

Données utiles point lu sur la droite : $L = 80$ m ; $v^2 = 250\ \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$

k est le coefficient directeur de la droite. Avec l'origine et un point de la droite éloigné de celle-ci :

$$k = \frac{v^2}{L} = \frac{250}{80} = 3{,}1\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Unité : $\frac{\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{\text{m}} = \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

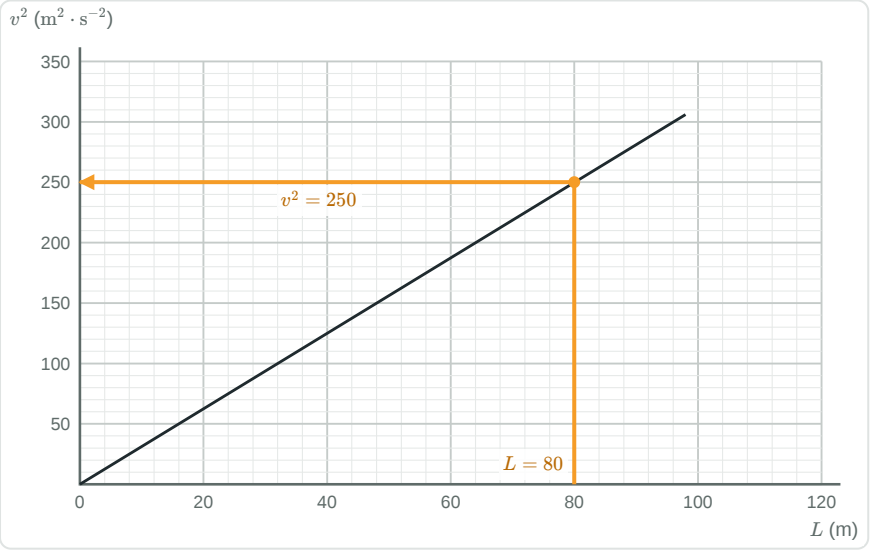
$k = 3{,}1\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$

COMPRENDRE

Une lecture graphique ne donne que deux chiffres significatifs. Le tableau confirme : pour le degré 12, $17{,}5^2/98{,}0 \approx 3{,}1\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

MÉTHODE

Choisir un point de la droite (pas un point de mesure), le plus loin possible de l'origine, pour réduire l'incertitude de lecture.



4.2 · Graphe de l'annexe, avec le point de lecture utilisé

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{250}{80} \approx 3.125$

5.1 Rappeler la définition d'un milieu dispersif.

Un milieu est dispersif si la célérité d'une onde qui s'y propage dépend de sa fréquence.

5.2 À partir des relations des questions 3.2 et 4.2, déterminer l'expression littérale reliant la célérité v de la houle à sa fréquence f.

D'après 3.2 : $L = \dfrac{v}{f}$. D'après 4.1 et 4.2 : $v^2 = k\,L$.

En remplaçant L : $v^2 = k\,\dfrac{v}{f}$. Comme $v \neq 0$, on divise les deux membres par v :

$$\boxed{v = \frac{k}{f}}$$

MÉTHODE
Pour relier v et f, éliminer la grandeur commune L entre les deux relations. Contrôle d'unité : $\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-2}/\mathrm{s}^{-1} = \mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}$.

5.3 Conclure quant à la nature dispersive de ce milieu.

k est une constante : d'après $v = \dfrac{k}{f}$, la célérité de la houle dépend de sa fréquence (elle diminue quand la fréquence augmente).

L'eau profonde est un milieu dispersif pour la houle.

COMPRENDRE
Le tableau le montre : quand la période passe de 2,10 s à 5,60 s, la célérité passe de 6,67 à 17,5 $\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}$.

La chimie au service de la parfumerie

Bac S 2006 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 3 **6,5 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1 Nommer l'ester E.

La chaîne qui porte le groupe $C{=}O$ compte quatre atomes de carbone (butanoate) ; le groupe lié à l'atome d'oxygène en compte un seul (méthyle).

E est le **butanoate de méthyle**.

PIÈGE
Inverser les deux chaînes et répondre « méthanoate de butyle » : le carbone doublement lié à l'oxygène appartient toujours à la partie « -oate ».

MÉTHODE
Nom d'un ester : la partie en « -oate » vient de l'acide (chaîne contenant le carbone du $C{=}O$, que l'on compte), la partie en « -yle » vient de l'alcool (chaîne liée à l'oxygène).

1.2 Écrire les formules semi-développées de l'acide carboxylique et de l'alcool qui permettent la synthèse de cet ester.

On coupe l'ester entre le carbone du groupe $C{=}O$ et l'oxygène de la chaîne.

Acide butanoïque : $CH_3-CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$

Méthanol : CH_3-OH

Acide butanoïque $CH_3-CH_2-CH_2-COOH$ et méthanol CH_3-OH.

1.3 Écrire l'équation associée à la réaction d'estérification.

Acide carboxylique + alcool = ester + eau :

$$CH_3-CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + CH_3-OH =$$
$$CH_3-CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_3 + H_2O$$

PIÈGE
Oublier la molécule d'eau parmi les produits, ou écrire une flèche simple : la transformation est limitée, on écrit le signe « = » (ou une double flèche).

1.4 Parmi les formules proposées, identifier et recopier celle de l'ester B, l'éthanoate de butyle.

Éthanoate : deux atomes de carbone du côté du groupe $C{=}O$. Butyle : quatre atomes de carbone liés à l'oxygène. C'est la quatrième formule proposée.

B : $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

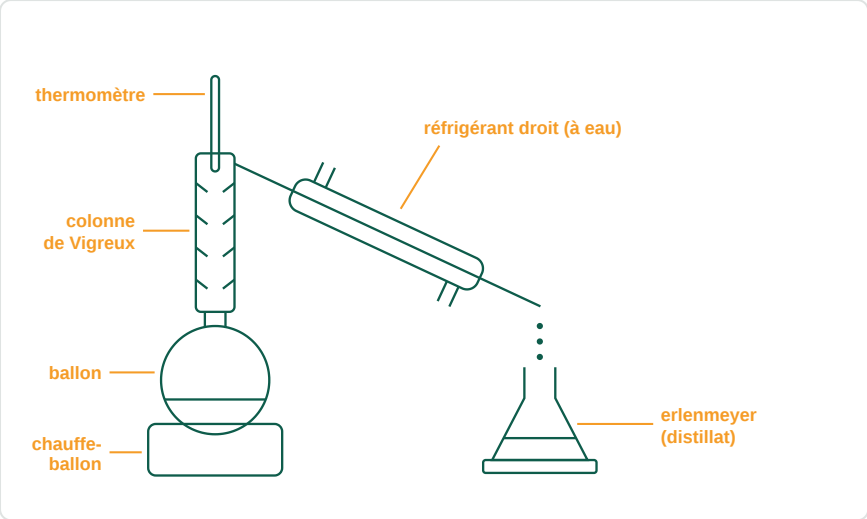
COMPRENDRE
Les trois autres formules sont celles d'un alcool (butan-1-ol), d'un acide carboxylique (acide propanoïque) et d'un anhydride d'acide : aucune ne contient le groupe ester $-COO-C$.

1.5 Légender le montage de distillation fractionnée donné en annexe.

De bas en haut puis vers la droite : chauffe-ballon, ballon, colonne de Vigreux, thermomètre (en tête de colonne), réfrigérant droit à eau, erlenmeyer recueillant le distillat.

Montage légendé : voir l'annexe complétée.

COMPRENDRE
Le thermomètre mesure la température des vapeurs en tête de colonne : tant qu'elle reste constante, une seule espèce distille. C'est ce qui permet de recueillir l'ester E seul.



1.5 · Annexe complétée : montage de distillation fractionnée

2.1.1 Calculer la quantité de matière d'ester formée aux dates des prélèvements, compléter le tableau de l'annexe et justifier à l'aide du tableau d'évolution.

Données utiles $(n_A)_i = 1{,}00$ mol ; valeurs de n_A du tableau de mesures

D'après le tableau d'évolution, à la date t : $n_{\text{ester}} = x$ et $n_A = (n_A)_i - x$.

Donc $n_{\text{ester}} = (n_A)_i - n_A = 1{,}00 - n_A$.

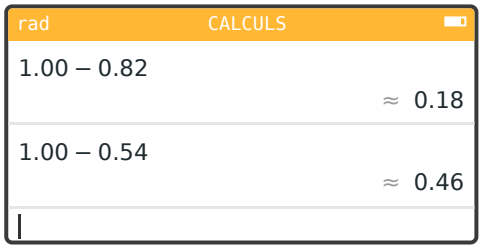
Exemple à $t = 1$ h : $n_{\text{ester}} = 1{,}00 - 0{,}82 = 0{,}18$ mol. Les autres valeurs se calculent de la même façon (annexe).

$n_{\text{ester}} = 1{,}00 - n_A$; valeurs : 0,18 ; 0,46 ; 0,54 ; 0,59 ; 0,62 ; 0,66 mol.

COMPRENDRE

Chiffres significatifs : dans une soustraction, on garde autant de décimales que la donnée la moins précise. Les n_A sont donnés au centième de mole, les n_{ester} aussi.

À LA CALCULATRICE



t (en h)	0	1	2	4	6	8	10	15	20	25
n_A (en mol)	1,00	0,82	0,70	0,54	0,46	0,41	0,38	0,35	0,34	0,34
n_{ester} (en mol)	0	0,18	0,30	0,46	0,54	0,59	0,62	0,65	0,66	0,66

2.1.1 · Annexe complétée : tableau de mesures

2.1.2 En utilisant le tableau d'évolution, déterminer l'avancement x_f à l'état final. Justifier.

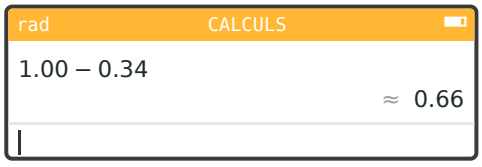
Données utiles n_{ester} à 20 h et 25 h (2.1.1)

Entre 20 h et 25 h, n_A reste égale à 0,34 mol : le système n'évolue plus, l'état final est atteint.

D'après le tableau d'évolution, $x_f = (n_{\text{ester}})_f = (n_A)_i - (n_A)_f = 1{,}00 - 0{,}34$.

$x_f = 0{,}66$ mol

À LA CALCULATRICE



2.1.3 Définir le taux d'avancement final τ de la transformation, puis le calculer.

Données utiles $x_{max} = 1{,}00$ mol ; $x_f = 0{,}66$ mol (2.1.2)

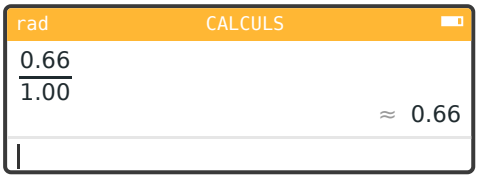
Le taux d'avancement final est le quotient de l'avancement final par l'avancement maximal : $\tau = \dfrac{x_f}{x_{max}}$.

$\tau = \dfrac{0{,}66}{1{,}00} = 0{,}66$

$\tau = 0{,}66$, soit 66 %

COMPRENDRE
τ est un nombre sans unité compris entre 0 et 1. Ici les réactifs sont en proportions stœchiométriques : τ est aussi le rendement de la synthèse.

À LA CALCULATRICE



2.1.4 Cette transformation est-elle totale ? Justifier.

Données utiles $\tau = 0{,}66$ (2.1.3)

$\tau < 1$, c'est-à-dire $x_f < x_{max}$: à l'état final, il reste 0,34 mol de chaque réactif alors que le système n'évolue plus.

La transformation n'est pas totale : elle est limitée (état d'équilibre).

2.1.5 Comment augmenter la valeur du taux d'avancement final pour cette réaction ? Deux réponses sont demandées.

- Introduire l'un des deux réactifs en excès (par exemple l'acide éthanoïque).
- Éliminer l'un des produits au fur et à mesure de sa formation (retirer l'eau, ou distiller l'ester) : la réaction inverse d'hydrolyse ne peut plus se faire.

Mettre un réactif en excès ; éliminer un produit au cours de la synthèse.

PIÈGE
Proposer de chauffer ou d'ajouter un catalyseur. Ces deux moyens font atteindre l'état final plus vite, mais ne changent pas le taux d'avancement final d'une estérification.

2.2.1 À l'aide de la courbe $n_{ester} = f(t)$, interpréter qualitativement la variation de la vitesse de réaction au cours du temps. Quel facteur cinétique explique cette évolution ?

La vitesse volumique de réaction s'écrit $v = \dfrac{1}{V}\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$ avec $x = n_{ester}$: à volume V constant, elle est proportionnelle au coefficient directeur de la tangente à la courbe.

La tangente est de moins en moins inclinée au cours du temps, jusqu'à devenir horizontale : la vitesse diminue puis s'annule.

Les réactifs sont consommés, leur concentration diminue.

La vitesse diminue au cours du temps ; facteur cinétique : la concentration des réactifs.

MÉTHODE
Pour comparer des vitesses sur une courbe $n = f(t)$, comparer les pentes des tangentes à deux dates, sans calcul : pente forte, réaction rapide ; tangente horizontale, vitesse nulle.

2.2.2 Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

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

PIÈGE
Écrire « la moitié du temps de la réaction », ou utiliser x_{max} à la place de x_f : la transformation étant limitée, les deux valeurs diffèrent.

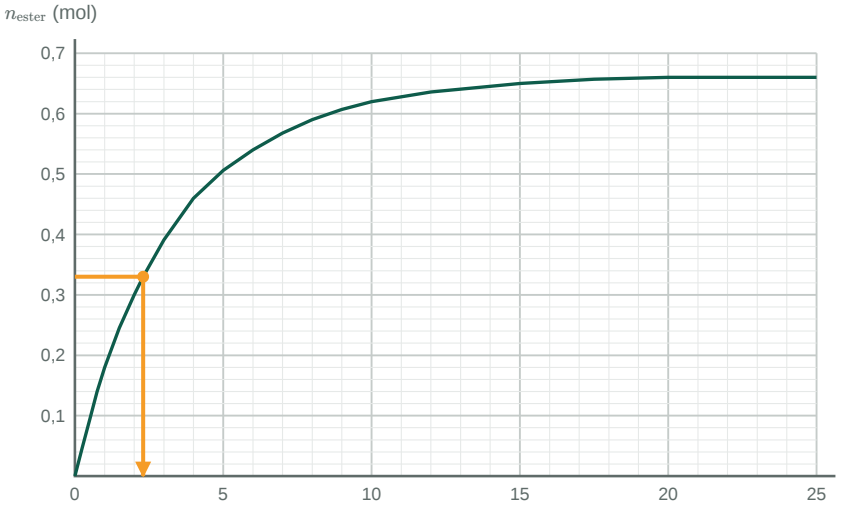
2.2.3 Déterminer graphiquement le temps de demi-réaction de cette synthèse en faisant apparaître la construction.

Données utiles $x_f = 0{,}66$ mol (2.1.2)

À $t_{1/2}$: $n_{\text{ester}} = \dfrac{x_f}{2} = \dfrac{0{,}66}{2} = 0{,}33$ mol.

On trace l'horizontale d'ordonnée 0,33 mol jusqu'à la courbe, puis la verticale jusqu'à l'axe des temps.

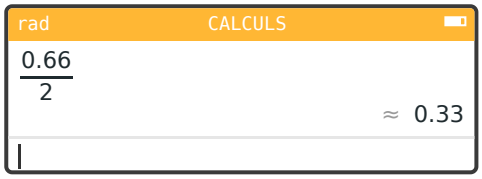
$t_{1/2} \approx 2{,}3$ h



2.2.3 · Annexe : $n_{ester} = x_f/2 = 0{,}33$ mol est atteint à $t_{1/2} \approx 2{,}3$ h

COMPRENDRE
La lecture est faite à une demi-graduation près : toute valeur entre 2,2 h et 2,5 h est acceptable. Le tableau le confirme : 0,30 mol à 2 h, 0,46 mol à 4 h.

À LA CALCULATRICE



2.2.4 Quel est le but du refroidissement brutal effectué avant chaque dosage ?

La température est un facteur cinétique : en refroidissant brutalement l'échantillon (trempe), on ralentit très fortement l'estérification, qui est pratiquement stoppée.

La composition de l'échantillon reste celle de la date t du prélèvement pendant toute la durée du dosage.

COMPRENDRE
À froid, la réaction parasite entre l'ester et les ions hydroxyde versés est elle aussi très lente : la solution d'hydroxyde de sodium ne réagit qu'avec l'acide restant.

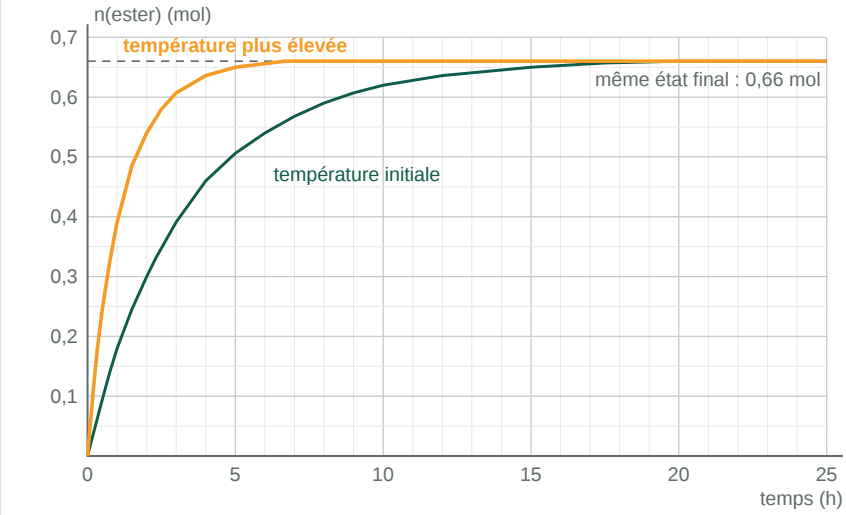
2.2.5 L'expérience est refaite à une température plus élevée. Représenter, sur le même graphique, l'allure de la courbe obtenue.

À température plus élevée, la réaction est plus rapide : la nouvelle courbe part de l'origine avec une tangente plus inclinée et reste au-dessus de la première.

L'état final n'est pas modifié : même palier à $n_{\text{ester}} = 0{,}66$ mol, atteint plus tôt.

Courbe au-dessus de la première, même asymptote horizontale à 0,66 mol (annexe).

PIÈGE
Tracer un palier plus haut que 0,66 mol. La température modifie la durée de l'estérification, pas son état final.



2.2.5 · Annexe complétée : allure de la courbe à température plus élevée

Spécialité : Vibrations sonores

Bac S 2006 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Calculer la célérité v_1 des ondes mécaniques dans cette corde.

Données utiles $\mu = 4{,}35 \times 10^{-4}\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$; $m = 4{,}0\ \text{kg}$; $g = 9{,}80\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$

La tension de la corde vaut $T = m\,g$, donc $v_1 = \sqrt{\dfrac{T}{\mu}} = \sqrt{\dfrac{m\,g}{\mu}}$.

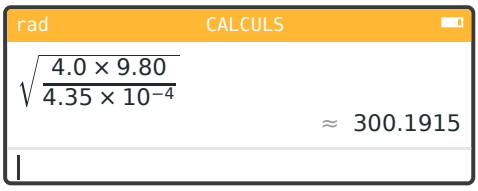
$$v_1 = \sqrt{\frac{4{,}0 \times 9{,}80}{4{,}35 \times 10^{-4}}}$$

$v_1 = 3{,}0 \times 10^{2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

PIÈGE
Oublier la racine carrée, ou prendre $T = m$: la tension est une force, en newtons.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la donnée la moins précise ($m = 4{,}0$ kg). Écrire « 300 » en afficherait trois : la puissance de dix lève l'ambiguïté.

À LA CALCULATRICE



1.1.1 Dans ces conditions, la corde émet-elle un son pur ou un son composé ?

Une corde pincée vibre selon plusieurs de ses modes propres en même temps : le son contient la fréquence fondamentale f_1 et des harmoniques, de fréquences multiples de f_1.

La corde émet un **son composé**.

COMPRENDRE
Un son pur correspond à une vibration sinusoïdale, d'une seule fréquence (diapason). Les notions d'harmoniques et de timbre ne figurent plus au programme actuel de la spécialité de Terminale.

1.1.2 À quel mode propre de vibration de la corde correspond la fréquence fondamentale f_1 du son perçu ?

La fréquence f_1 est la plus basse des fréquences propres de la corde : c'est celle du mode de rang $n = 1$, où la corde vibre en un seul fuseau, avec un nœud en A, un nœud en B et un ventre au milieu.

f_1 correspond au **mode fondamental** (mode de rang 1).

1.1.3 Exprimer la relation entre f_1 et la longueur $L = AB$ de la corde, qui vibre selon un seul fuseau, puis calculer f_1.

Données utiles $L = 0{,}75\ \text{m}$; $v_1 = 3{,}0 \times 10^{2}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (1.1)

Un fuseau a pour longueur une demi-longueur d'onde. Avec un seul fuseau entre A et B : $L = \dfrac{\lambda}{2}$, soit $\lambda = 2L$.

Or $\lambda = \dfrac{v_1}{f_1}$, donc $f_1 = \dfrac{v_1}{2L}$.

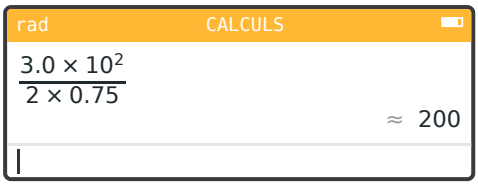
$$f_1 = \frac{3{,}0 \times 10^{2}}{2 \times 0{,}75}$$

$f_1 = \dfrac{v_1}{2L} = 2{,}0 \times 10^{2}$ Hz

PIÈGE
Écrire $L = \lambda$: la distance entre deux nœuds voisins est une demi-longueur d'onde, pas une longueur d'onde.

MÉTHODE
Pour le mode de rang n, la corde porte n fuseaux : $L = n\,\dfrac{\lambda}{2}$, d'où $f_n = n\,\dfrac{v}{2L} = n\,f_1$. Les harmoniques sont les multiples entiers du fondamental.

À LA CALCULATRICE



1.2.1 On veut un son plus grave. La fréquence f_2 du nouveau son sera-t-elle supérieure ou inférieure à f_1 ?

Plus un son est grave, plus sa fréquence fondamentale est basse.

$f_2 < f_1$

1.2.2 En déduire comment la nouvelle célérité v_2 doit se situer par rapport à v_1.

La corde vibre toujours en un seul fuseau sur la même longueur L : $f_2 = \frac{v_2}{2L}$ et $f_1 = \frac{v_1}{2L}$.

La fréquence est proportionnelle à la célérité, donc $f_2 < f_1$ impose :

$v_2 < v_1$

1.2.3 Par quelle masse marquée faut-il remplacer m pour obtenir un son plus grave ? Justifier.

Données utiles $m = 4{,}0$ kg ; $m_1 = 2{,}0$ kg ; $m_2 = 7{,}0$ kg

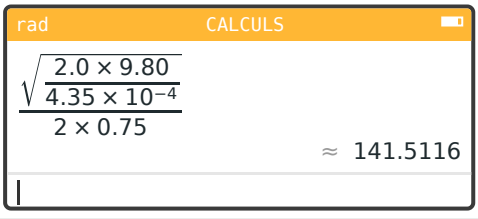
$v = \sqrt{\frac{m\,g}{\mu}}$, avec g et μ inchangés : la célérité diminue quand la masse suspendue diminue. Pour avoir $v_2 < v_1$, il faut une masse inférieure à $4{,}0$ kg.

On remplace m par la masse $m_1 = 2{,}0$ kg.

COMPRENDRE

Diviser la masse par 2 divise la célérité, donc la fréquence, par $\sqrt{2}$: $f_2 \approx 1{,}4 \times 10^2$ Hz. C'est ce que fait un guitariste qui détend une corde pour l'accorder plus bas.

À LA CALCULATRICE



2.1 Quel type de signal les ondes électromagnétiques reçues génèrent-elles dans l'antenne réceptrice ?

Les ondes électromagnétiques mettent en mouvement les électrons du métal de l'antenne : chaque onde reçue y crée une tension (et un courant) variable, de même fréquence qu'elle.

Il apparaît dans l'antenne un **signal électrique**.

2.2.1 Quel est le rôle de la partie A du circuit, relativement aux signaux électriques issus de l'antenne ?

L'antenne capte de très nombreuses ondes, donc des signaux électriques de fréquences très variées. La partie A, bobine et condensateur en parallèle, est un circuit d'accord : elle ne laisse subsister que le signal dont la fréquence est voisine de sa fréquence propre $F_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. En réglant C, on choisit la station.

La partie A **sélectionne** le signal de la fréquence voulue parmi tous ceux que reçoit l'antenne.

COMPRENDRE
Le circuit LC et la modulation d'amplitude relevaient de l'ancien enseignement de spécialité ; ils ne sont plus au programme actuel de Terminale.

2.2.2 Dans la situation décrite, quelle est la fréquence du signal électrique qui se propage dans la partie B du circuit ?

Données utiles le curseur d'affichage pointe sur 10 kHz

Le curseur indique la fréquence sur laquelle le circuit d'accord est réglé : c'est celle de l'onde porteuse sélectionnée, F.

$F = 10$ kHz

PIÈGE
Répondre 200 Hz. Cette fréquence est celle du son, portée par l'amplitude du signal ; le signal modulé qui entre dans la partie B oscille à la fréquence de la porteuse.

2.3.1 L'enregistrement du son est-il conforme à la réponse à la question 1.1.1 ? Justifier.

La courbe enregistrée est périodique, mais ce n'est pas une sinusoïde : chaque motif comporte un grand maximum, un grand minimum et plusieurs petites ondulations. Le signal contient donc des harmoniques en plus du fondamental.

Oui : le son enregistré est un son composé, comme prévu en 1.1.1.

2.3.2 Mesurer la période T_1 du signal enregistré et vérifier qu'elle est en accord avec la valeur de f_1.

Données utiles $f_1 = 200$ Hz ; enregistrement : grands maximums aux dates $5{,}0$ ms et $15{,}0$ ms, séparés par deux périodes

Entre le premier et le troisième grand maximum, on compte deux périodes :

$2\,T_1 = 15{,}0 - 5{,}0 = 10{,}0$ ms, donc $T_1 = 5{,}0\ \text{ms} = 5{,}0 \times 10^{-3}$ s.

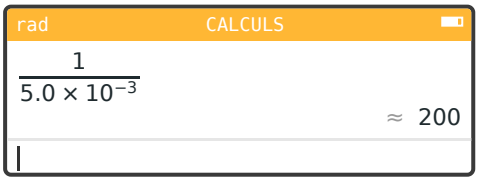
$$f = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{5{,}0 \times 10^{-3}}$$

$T_1 = 5{,}0$ ms, d'où $f = 2{,}0 \times 10^{2}$ Hz : c'est bien la valeur $f_1 = 200$ Hz.

PIÈGE
Prendre l'écart entre deux petites ondulations voisines pour la période. Le motif complet doit se répéter à l'identique.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs périodes entre deux points identiques du motif (ici deux grands maximums), puis diviser : l'erreur de lecture est partagée entre les périodes.

À LA CALCULATRICE

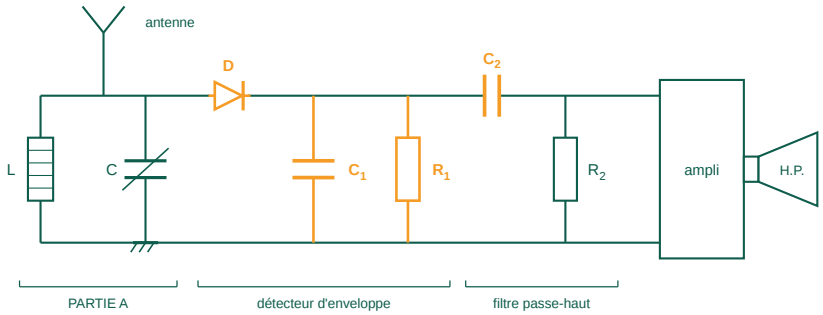


2.4 Compléter la partie B du schéma de l'annexe avec C_1, R_1, D et C_2 pour assurer une bonne démodulation du signal reçu.

Détecteur d'enveloppe : la diode D est placée en série sur le fil relié à l'antenne ; à sa suite, C_1 et R_1 sont montés en parallèle, entre ce fil et la masse.

Filtre passe-haut : C_2 est placé en série sur le même fil ; R_2, déjà dessiné, est en parallèle à l'entrée de l'amplificateur.

Dans l'ordre depuis la partie A : D en série, puis C_1 et R_1 en parallèle, puis C_2 en série avant R_2 (voir l'annexe complétée).



2.4 · Annexe complétée : les quatre composants placés par l'élève sont en orange

PIÈGE
Mettre C_1 en série ou C_2 en parallèle : en série, un condensateur arrête le continu ; en parallèle, il court-circuite les hautes fréquences.

COMPRENDRE
La diode ne garde que les alternances d'un seul signe ; R_1C_1 efface la porteuse et suit l'enveloppe ; C_2 bloque la composante continue. Il reste le signal de fréquence 200 Hz.