Corrigé complet — Bac S 2006 Nouvelle-Calédonie (ancien programme)

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

Ex 1	**Un séisme dans le Jura** Ondes mécaniques progressives · Célérité et retard · Oscillateur solide-ressort · Analyse dimensionnelle · Résonance · Longueur d'onde	5,5 pts	1 h 05	14 questions	p. 2
Ex 2	**Evolution énergétique d'un circuit RLC série** Charge d'un condensateur · Équation différentielle du circuit RC · Énergie emmagasinée dans un condensateur · Énergie emmagasinée dans une bobine · Oscillations amorties et effet Joule · Entretien des oscillations	4 pts	52 min	13 questions	p. 6
Ex 3	**Savon et parfum** Saponification · Savon : parties hydrophile et hydrophobe · Estérification · Titrage acido-basique · Suivi cinétique · Temps de demi-réaction	6,5 pts	1 h 18	19 questions	p. 10
Ex 4	**Spécialité : Transmission d'un signal modulé en amplitude** Modulation d'amplitude · Longueur d'onde et fréquence · Taux de modulation · Lecture d'un oscillogramme · Circuit LC d'accord · Détecteur de crête (dipôle RC)	4 pts	52 min	11 questions	p. 15

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.

Un séisme dans le Jura

Bac S 2006 Nouvelle-Calédonie (ancien programme) · Exercice 1 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 Associer à chaque signal du document 1 le type d'ondes détectées (P ou S). Justifier.

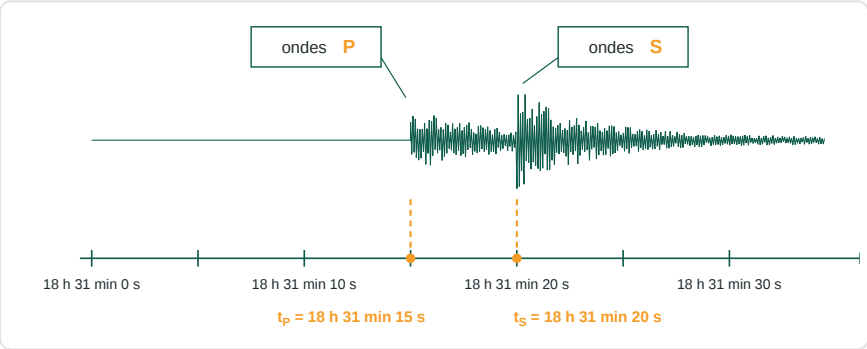
Données utiles $v_P = 6{,}0\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$; $v_S = 3{,}5\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$

Les ondes P et S partent du même lieu à la même date t_0 et parcourent la même distance d jusqu'à la station.

Comme $v_P > v_S$, les ondes P mettent moins de temps : elles arrivent les premières.

Premier signal (à gauche) : ondes **P** ; second signal, plus tardif : ondes **S**.

COMPRENDRE
Les noms le rappellent : P pour « primaires » (premières arrivées), S pour « secondaires ». La justification attendue reste la comparaison des célérités, à distance parcourue égale.



1.1 · Document 1 complété (en orange : ce que l'élève écrit et relève)

1.2 Relever sur le document 1 les dates d'arrivée t_S et t_P des ondes S et P à la station.

L'axe des dates porte une graduation toutes les 5 s. Le premier signal démarre sur la graduation située entre 10 s et 20 s, le second sur la graduation 20 s.

$t_P = 18\ \text{h}\ 31\ \text{min}\ 15\ \text{s}$ et $t_S = 18\ \text{h}\ 31\ \text{min}\ 20\ \text{s}$

PIÈGE
Seule une graduation sur deux est chiffrée : l'intervalle entre deux traits vaut 5 s, et non 10 s.

1.3 Exprimer la célérité v_S des ondes S en fonction de d, t_S et t_0, puis la célérité v_P des ondes P en fonction de d, t_P et t_0.

Chaque onde parcourt la distance d entre la date d'émission t_0 et sa date d'arrivée :

$$v_S = \frac{d}{t_S - t_0} \text{ et } v_P = \frac{d}{t_P - t_0}$$

PIÈGE
La durée du trajet est une différence de dates : écrire $v_S = d/t_S$ est faux, car t_0 n'est pas l'origine des dates.

1.4 Retrouver l'expression $d = \dfrac{v_S\, v_P}{v_P - v_S}(t_S - t_P)$.

D'après 1.3, les durées de parcours sont $t_S - t_0 = \dfrac{d}{v_S}$ et $t_P - t_0 = \dfrac{d}{v_P}$.

En soustrayant membre à membre, la date inconnue t_0 disparaît :

$$t_S - t_P = \frac{d}{v_S} - \frac{d}{v_P} = d\,\frac{v_P - v_S}{v_S\, v_P}$$

$d = \dfrac{v_S\, v_P}{v_P - v_S}(t_S - t_P)$, qui est bien l'expression attendue.

MÉTHODE
Deux relations, deux inconnues (d et t_0) : on élimine celle que l'on ne veut pas. Soustraire deux durées qui ont la même date de départ fait disparaître cette date.

1.5 En déduire la valeur numérique de la distance d.

Données utiles $v_P = 6{,}0\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$; $v_S = 3{,}5\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$; $t_S - t_P = 5\ \text{s}$ (1.2)

Avec les célérités en $\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ et les dates en s, d s'obtient en km :

$$d = \frac{3{,}5 \times 6{,}0}{6{,}0 - 3{,}5} \times 5 = \frac{21}{2{,}5} \times 5 = 21 \times 2 = 42\ \text{km}$$

$d = 42\ \text{km}$, soit $4{,}2 \times 10^4\ \text{m}$

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme les célérités. L'écart de 5 s est lu sur un axe gradué de 5 s en 5 s : la valeur de d reste donc une estimation.

MÉTHODE
Sans calculatrice, simplifier avant de multiplier : $5 \div 2{,}5 = 2$, il reste 21×2.

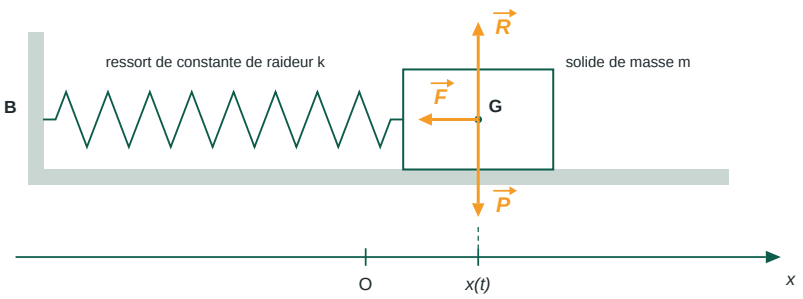
2.1.1 Faire l'inventaire des forces extérieures exercées sur le solide et les représenter sur le document 2.

Système : {solide}, dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Sans frottement, il est soumis à trois forces :

- son poids $\vec{P}$, vertical, vers le bas, appliqué en G ;
- la réaction $\vec{R}$ du support, perpendiculaire au support (verticale, vers le haut) ;
- la force de rappel du ressort $\vec{F} = -k\,x\,\vec{i}$, horizontale, où $\vec{i}$ est le vecteur unitaire de l'axe Ox.

Trois forces : $\vec{P}$, $\vec{R}$ et $\vec{F} = -k\,x\,\vec{i}$, avec $\vec{P}$ et $\vec{R}$ de même longueur sur le schéma.

PIÈGE
Sur le document, $x(t) > 0$: le ressort est étiré et tire le solide vers O. La flèche de $\vec{F}$ pointe donc vers la gauche, à l'opposé du déplacement.



2.1.1 · Document 2 complété (en orange : les forces, ici pour $x > 0$, ressort étiré)

2.1.2 Appliquer la deuxième loi de Newton au centre d'inertie G du solide pour établir l'équation différentielle vérifiée par $x(t)$.

Dans le référentiel terrestre galiléen, pour le solide de masse m constante :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m\,\vec{a}_G$$

Projection sur l'axe Ox : $\vec{P}$ et $\vec{R}$ sont perpendiculaires à l'axe, leur projection est nulle. Il reste :

$$-k\,x = m\,\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}$$

$$\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} + \frac{k}{m}\,x = 0$$

PIÈGE
Oublier le signe « $-$ » de la force de rappel donne $\ddot{x} = +\frac{k}{m}\,x$, dont les solutions ne sont pas des oscillations.

COMPRENDRE
L'oscillateur solide-ressort n'est plus au programme de la spécialité actuelle. La démarche, elle, reste exigible : système, référentiel, bilan des forces, deuxième loi de Newton, projection sur un axe.

2.1.3 Vérifier par une analyse dimensionnelle la cohérence de l'expression $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.

2π est sans dimension et $[m] = \mathrm{M}$.

La force de rappel a pour valeur $F = k\,|x|$, donc $[k] = \dfrac{[F]}{\mathrm{L}}$. Or une force est le produit d'une masse par une accélération : $[F] = \mathrm{M}\cdot\mathrm{L}\cdot\mathrm{T}^{-2}$. Ainsi

$$[k] = \frac{\mathrm{M}\cdot\mathrm{L}\cdot\mathrm{T}^{-2}}{\mathrm{L}} = \mathrm{M}\cdot\mathrm{T}^{-2}$$

$$\left[\sqrt{\frac{m}{k}}\right] = \left(\frac{\mathrm{M}}{\mathrm{M}\cdot\mathrm{T}^{-2}}\right)^{1/2} = \left(\mathrm{T}^2\right)^{1/2} = \mathrm{T}$$

$2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$ a la dimension d'un temps : l'expression de T_0 est homogène à une durée.

COMPRENDRE
Avec les unités, le même raisonnement donne k en $\mathrm{kg}\cdot\mathrm{s}^{-2}$. L'analyse dimensionnelle valide la forme de l'expression, pas le facteur 2π.

MÉTHODE
Pour la dimension d'une constante, partir d'une relation connue où elle figure (ici $F = k\,x$), puis ramener la force à $\mathrm{M}\cdot\mathrm{L}\cdot\mathrm{T}^{-2}$ grâce à $F = m\,a$.

2.2.1 Lors d'un séisme, quel est l'excitateur ? Quel est le résonateur ?

Le sol, et le bâti qui lui est fixé, vibrent et imposent leur fréquence : ils constituent l'excitateur.

Le système solide-ressort est mis en oscillation à cette fréquence : c'est le résonateur.

Excitateur : le sol (avec le bâti) ; résonateur : le système solide-ressort.

COMPRENDRE
L'excitateur impose sa période ; le résonateur possède une période propre T_0 et répond avec une amplitude qui dépend de l'écart entre les deux.

2.2.2 L'amortissement étant suffisamment faible, pour quelle période de l'excitateur la résonance se produit-elle ?

Pour un amortissement faible, l'amplitude des oscillations du résonateur est maximale quand la période de l'excitateur est égale à la période propre du résonateur.

Résonance pour $T = T_0 = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$

COMPRENDRE
Si l'amortissement est plus fort, la résonance devient floue : l'amplitude maximale diminue et la période de résonance s'écarte de T_0.

2.2.3 À l'aide du document 1, dire si l'ordre de grandeur de la période des ondes P et S est plutôt 10 s, 1 s ou 0,1 s. Justifier.

Sur le document 1, deux graduations voisines sont séparées de 5 s. Dans cet intervalle, le tracé effectue plusieurs dizaines d'allers-retours, si serrés qu'ils se distinguent à peine : une durée de 1 s contient donc plusieurs oscillations.

La période est nettement inférieure à 1 s, ce qui exclut 1 s et 10 s.

Ordre de grandeur de la période des ondes P et S : $0{,}1$ s

MÉTHODE
Pour estimer une période sur un tracé serré, compter les oscillations sur une durée connue puis diviser : quelques dizaines d'oscillations en 5 s donnent une période de l'ordre du dixième de seconde.

2.2.4 Calculer la valeur approchée de la masse m du solide qui a permis de relever le sismogramme des ondes P et S.

Données utiles $k = 100\ \text{N}\cdot\text{m}^{-1}$; $T_0 = 0{,}1\ \text{s}$ (2.2.2 et 2.2.3) ; aide au calcul : $\pi^2 = 10$

Le sismomètre enregistre ces ondes s'il entre en résonance, donc si sa période propre est égale à leur période : $T_0 \approx 0{,}1\ \text{s}$.

$T_0 = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$ donne $T_0^2 = 4\pi^2\,\dfrac{m}{k}$, soit $m = \dfrac{k\,T_0^2}{4\pi^2}$.

$$m = \frac{100 \times (0{,}1)^2}{4 \times 10} = \frac{1}{40} = 2{,}5 \times 10^{-2}\ \text{kg}$$

$m \approx 2{,}5 \times 10^{-2}$ kg, soit environ 25 g

PIÈGE
Oublier d'élever T_0 au carré, ou garder 2π au lieu de $4\pi^2$ au dénominateur : élever toute la relation au carré avant d'isoler m.

COMPRENDRE
T_0 n'est qu'un ordre de grandeur : la masse trouvée l'est aussi, quelques dizaines de grammes.

2.2.5 Certaines ondes ont des fréquences beaucoup plus basses que celles des ondes P et S. Comment faudrait-il modifier la masse m pour pouvoir les enregistrer ?

Comme $T = \dfrac{1}{f}$, une fréquence beaucoup plus basse correspond à une période beaucoup plus grande.

Pour qu'il y ait résonance, la période propre $T_0 = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$ doit devenir aussi grande que cette période. À raideur k fixée, T_0 augmente avec m.

Il faut augmenter la masse m du solide.

COMPRENDRE
m varie comme T_0^2 : pour une période 10 fois plus grande, il faut une masse 100 fois plus grande. Voilà pourquoi il existe plusieurs classes de sismomètres.

3 Répondre, en justifiant brièvement, aux cinq questions du document 3 : direction privilégiée, transport de matière, définition d'une onde longitudinale, longueur d'onde d'une onde P de période $T = 0{,}2\ \text{s}$, célérités moyennes.

Données utiles $v_P = 6{,}0\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$; $T = 0{,}2\ \text{s}$

Direction privilégiée ? Non. Les ondes sismiques se propagent à partir de l'épicentre dans toutes les directions qui leur sont offertes : le séisme a d'ailleurs été ressenti en France, en Suisse et en Allemagne.

Transport de matière ? Non. Une onde mécanique progressive est la propagation d'une perturbation sans transport de matière ; elle transporte de l'énergie. Après son passage, le sol retrouve sa position.

Onde longitudinale. C'est une onde pour laquelle la perturbation a la même direction que la propagation de l'onde. Pour les ondes P, le sol est comprimé puis dilaté le long de la direction de propagation.

Longueur d'onde. C'est la distance parcourue par l'onde pendant une période :

$$\lambda = v_P\,T = 6{,}0 \times 10^3 \times 0{,}2 = 1{,}2 \times 10^3\ \text{m}$$

Valeurs moyennes. La célérité d'une onde dépend du milieu de propagation. Entre le foyer et la station, les ondes traversent des structures géologiques différentes, dans lesquelles leur célérité change : on ne peut donner qu'une valeur moyenne sur le trajet.

$\lambda = v_P\,T = 1{,}2 \times 10^3$ m, soit 1,2 km

PIÈGE
Pour λ, convertir la célérité : $6{,}0\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1} = 6{,}0 \times 10^3\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Sinon, annoncer clairement un résultat en kilomètres.

COMPRENDRE
Dans une onde transversale (ondes S), la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation. Le texte encadré contient la réponse à la dernière question : célérité « modifiée par les structures géologiques traversées ».

Evolution énergétique d'un circuit RLC série

Bac S 2006 Nouvelle-Calédonie (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

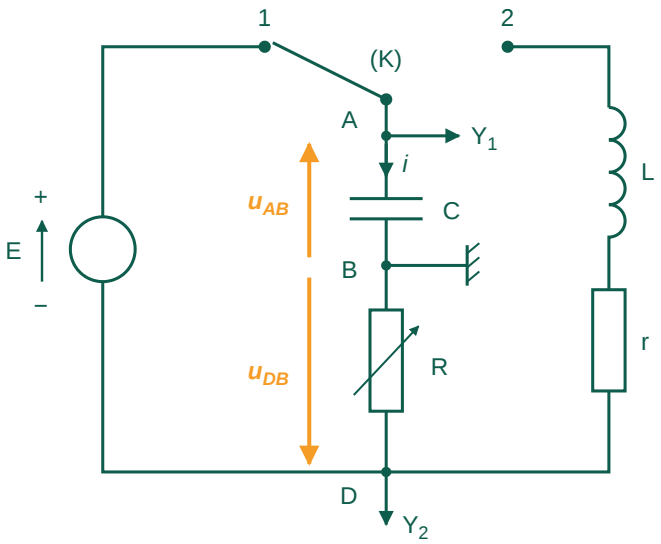
1.1 Représenter par des flèches, sur la figure 1 de l'annexe, la tension $u_{DB}(t)$ aux bornes de la résistance et la tension $u_{AB}(t)$ aux bornes du condensateur.

$u_{AB} = V_A - V_B$: la flèche est tracée le long du condensateur, sa pointe du côté de A.

$u_{DB} = V_D - V_B$: la flèche est tracée le long de la résistance, sa pointe du côté de D.

Flèche u_{AB} dirigée de B vers A ; flèche u_{DB} dirigée de B vers D.

MÉTHODE
La flèche de la tension u_{XY} pointe toujours vers X, la première lettre. La borne B est la masse de l'interface : la voie Y_1 mesure u_{AB} et la voie Y_2 mesure u_{DB}.



1.1 · Figure 1 complétée : chaque flèche pointe vers la première lettre de l'indice

1.2.1 Donner, en le justifiant, le signe de la charge q portée par l'armature A pendant la charge, et la relation entre q et u_{AB}.

En position 1, l'armature A est reliée à la borne positive du générateur. Le courant circule de cette borne vers A : des électrons quittent l'armature A, qui se charge positivement.

La flèche de u_{AB} pointe vers l'armature qui porte q, donc :

$q > 0$ et $q = C\,u_{AB}$

PIÈGE
Dire que « le courant apporte des charges positives sur A ». Dans les fils, seuls les électrons se déplacent, en sens inverse du courant : A perd des électrons.

1.2.2 En tenant compte de l'orientation du circuit, donner la relation entre l'intensité $i(t)$ et la charge $q(t)$.

Sur la figure 1, la flèche de i est orientée vers l'armature A, qui porte la charge q : l'intensité est le débit de charge qui arrive sur cette armature.

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

COMPRENDRE
Si la flèche de i s'éloignait de l'armature portant q, il faudrait écrire $i = -\frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$. Ici, pendant la charge, q augmente et i est bien positive.

1.2.3 À partir des expressions des tensions aux bornes des trois dipôles, établir l'équation différentielle vérifiée par $u_{AB}(t)$.

Loi des mailles (commutateur en position 1) : $E = u_{AB} + u_{BD}$, soit $E = u_{AB} - u_{DB}$.

Le courant traverse la résistance de B vers D. Loi d'Ohm : $u_{BD} = R\,i$, donc $u_{DB} = -R\,i$.

Avec $i = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$ et $q = C\,u_{AB}$ (C constante) : $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_{AB}}{\mathrm{d}t}$, d'où $u_{DB} = -RC\,\dfrac{\mathrm{d}u_{AB}}{\mathrm{d}t}$.

En reportant dans la loi des mailles :

$$RC\,\frac{\mathrm{d}u_{AB}}{\mathrm{d}t} + u_{AB} = E$$

PIÈGE
Écrire $u_{DB} = +R\,i$. La flèche de u_{DB} est dans le même sens que celle de i : c'est u_{BD} qui vaut $R\,i$. Une erreur de signe ici fausse toute l'équation.

1.2.4 Vérifier que $u_{AB}(t) = E\left(1 - \mathrm{e}^{-t/(RC)}\right)$ est solution de cette équation différentielle.

On dérive $u_{AB}(t) = E - E\,\mathrm{e}^{-t/(RC)}$:

$$\frac{\mathrm{d}u_{AB}}{\mathrm{d}t} = \frac{E}{RC}\,\mathrm{e}^{-t/(RC)}$$

On calcule le premier membre de l'équation :

$$RC\,\frac{\mathrm{d}u_{AB}}{\mathrm{d}t} + u_{AB} = E\,\mathrm{e}^{-t/(RC)} + E - E\,\mathrm{e}^{-t/(RC)} = E$$

Le premier membre est égal à E à chaque instant : l'expression proposée est bien solution.

COMPRENDRE
À $t = 0$, l'expression donne $u_{AB} = 0$: c'est bien le condensateur déchargé de l'énoncé.

MÉTHODE
« Vérifier qu'une fonction est solution » : dériver, remplacer dans le premier membre, simplifier jusqu'à retrouver le second membre. On ne résout pas l'équation.

1.3.1 Donner, en fonction de $u_{AB}(t)$, l'expression littérale de l'énergie électrique E_e emmagasinée par le condensateur.

$$E_e = \frac{1}{2}\,C\,u_{AB}^2(t)$$

1.3.2 En déduire l'expression littérale de la valeur maximale $E_{e,\max}$ et calculer sa valeur.

Données utiles $E = 4{,}0$ V ; $C = 2{,}0\ \mu\text{F} = 2{,}0 \times 10^{-6}$ F

Quand t devient grand, $\mathrm{e}^{-t/(RC)}$ tend vers 0 : u_{AB} tend vers sa valeur maximale E. Le condensateur est alors chargé et :

$$E_{e,\max} = \frac{1}{2}\,C\,E^2 = \frac{1}{2} \times 2{,}0 \times 10^{-6} \times 4{,}0^2$$

$E_{e,\max} = 1{,}6 \times 10^{-5}$ J, soit 16 μJ

PIÈGE
Laisser C en microfarads : le résultat ne sort en joules que si C est en farads et E en volts.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme E et C. Sans calculatrice : $\frac{1}{2} \times 2{,}0 = 1{,}0$ puis $4{,}0^2 = 16$, d'où 16×10^{-6} J.

2.1.1 Exprimer littéralement, en fonction de $i(t)$, l'énergie magnétique E_m emmagasinée dans la bobine.

$$E_m = \frac{1}{2}\,L\,i^2(t)$$

COMPRENDRE
La bobine, le circuit RLC et les oscillations électriques ne figurent plus au programme actuel de spécialité. La partie 1 (charge du condensateur, circuit RC) reste, elle, au programme.

2.1.2 À partir de l'une des tensions enregistrées, donner l'expression de l'intensité $i(t)$, puis celle de l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine en fonction de cette tension.

La tension aux bornes de la résistance est proportionnelle à l'intensité. L'orientation du circuit n'a pas changé, donc $u_{DB} = -Ri$ (question 1.2.3) :

$$i(t) = -\frac{u_{DB}(t)}{R}$$

On remplace dans $E_m = \frac{1}{2} L\, i^2$:

$$i(t) = -\frac{u_{DB}(t)}{R} \text{ et } E_m = \frac{L\, u_{DB}^2(t)}{2R^2}$$

COMPRENDRE
La voie Y_2 sert de capteur de courant : à R connue, elle donne i au signe près. Le signe disparaît dans E_m puisque i est au carré.

2.1.3 En déduire l'expression de l'énergie totale E_T du circuit en fonction des tensions $u_{AB}(t)$ et $u_{DB}(t)$.

L'énergie totale est la somme des énergies du condensateur et de la bobine : $E_T = E_e + E_m$.

$$E_T = \frac{1}{2} C\, u_{AB}^2(t) + \frac{L\, u_{DB}^2(t)}{2R^2}$$

2.2 Identifier chacune des trois courbes de la figure 2 en justifiant. Quel phénomène explique la décroissance de la courbe 1 ?

À $t = 0$, le condensateur est chargé (E_e maximale) et aucun courant ne circule ($i = 0$, donc $E_m = 0$) : $E_T(0) = E_e(0)$.

- Courbe 2 : nulle à $t = 0$, elle représente E_m.
- Courbe 3 : maximale à $t = 0$, elle oscille en s'annulant quand la courbe 2 est maximale ; elle représente E_e.
- Courbe 1 : toujours au-dessus des deux autres, elle n'oscille pas ; elle représente leur somme E_T.

L'énergie totale diminue car les résistances du circuit (R et r) dissipent de l'énergie par effet Joule, sous forme de transfert thermique.

Courbe 1 : E_T ; courbe 2 : E_m ; courbe 3 : E_e. La décroissance de E_T est due à l'effet Joule.

MÉTHODE
Pour identifier des courbes d'énergie, regarder l'instant initial : la grandeur nulle à $t = 0$ (ici i) désigne l'énergie nulle, et la courbe qui enveloppe les deux autres est toujours la somme.

3.1 Tracer sur la figure 3 de l'annexe les deux courbes manquantes et préciser ce que chacune des trois courbes représente.

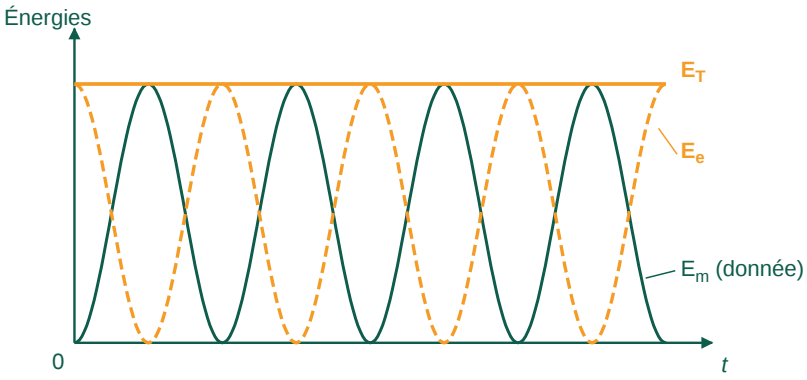
La courbe déjà tracée est nulle à $t = 0$: c'est l'énergie magnétique E_m .

Les oscillations étant entretenues, l'énergie totale est constante : E_T est une droite horizontale, à la hauteur des maxima de E_m.

À chaque instant $E_e = E_T - E_m$: E_e part de sa valeur maximale, s'annule quand E_m est maximale et redevient maximale quand E_m s'annule.

Courbe donnée : E_m ; droite horizontale : E_T ; courbe en opposition avec E_m, de même amplitude : E_e.

PIÈGE
Tracer E_e avec une amplitude différente de celle de E_m, ou des croisements à une hauteur quelconque. Les deux courbes se coupent à mi-hauteur, là où $E_e = E_m = \frac{E_T}{2}$.



3.1 · Figure 3 complétée : en orange, les deux courbes tracées par l'élève

3.2 Pourquoi un tel régime est-il qualifié d'entretenu ?

Le dispositif ajouté fournit en permanence au circuit une énergie égale à celle que les résistances dissipent par effet Joule. L'énergie totale reste donc constante et l'amplitude des oscillations ne diminue plus.

Les pertes par effet Joule sont exactement compensées : les oscillations gardent une amplitude constante.

Savon et parfum

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

1.1 D'après le texte, quels sont les réactifs de la saponification produisant le savon d'Alep ?

Le texte indique que le savon d'Alep est obtenu en traitant à chaud l'huile d'olive par l'hydroxyde de sodium.

Réactifs : l'**huile d'olive** (corps gras) et l'**hydroxyde de sodium** (soude caustique).

1.2 Donner la formule de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium et celle du glycérol (propan-1,2,3-triol).

Solution aqueuse d'hydroxyde de sodium : $Na^+(aq) + HO^-(aq)$.

Le glycérol possède une chaîne de trois atomes de carbone portant chacun un groupe hydroxyle.

Glycérol : $CH_2OH-CHOH-CH_2OH$

PIÈGE
Écrire $NaOH$ pour la solution : en solution aqueuse, le solide ionique est dissous, les ions Na^+ et HO^- sont séparés.

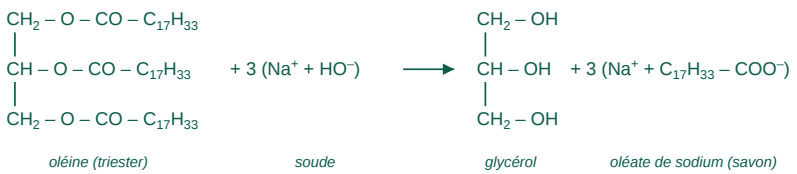
1.3 Écrire l'équation de la réaction associée à la transformation qui conduit au savon d'Alep à partir de l'oléine.

L'oléine est un triester : chacun de ses trois groupes ester réagit avec un ion hydroxyde. Il se forme le glycérol et trois ions carboxylate (ions oléate), qui constituent le savon avec les ions sodium.

En notant R le groupe $C_{17}H_{33}$, et sans écrire les ions Na^+, spectateurs (ils figurent sur le schéma) :

$$C_3H_5(OCOR)_3 + 3\,HO^- \longrightarrow C_3H_5(OH)_3 + 3\,RCOO^-$$

PIÈGE
Oublier le coefficient 3 devant l'hydroxyde de sodium et devant le carboxylate de sodium : une mole de triester consomme trois moles d'ions hydroxyde.



1.3 · Équation de la saponification de l'oléine en formules semi-développées

1.4 D'après le texte, quel réactif est introduit en excès lors de la saponification ?

Lors de l'empâtage, la soude est apportée « en quantité suffisante pour saponifier complètement l'huile », puis la cuisson se fait « avec un excès de soude caustique ». Les lavages servent d'ailleurs à éliminer la soude restante.

Le réactif en excès est l'**hydroxyde de sodium** (la soude) ; l'huile est le réactif limitant.

1.5 Parmi les quatre techniques citées, laquelle sert à extraire le savon du milieu réactionnel ? Expliquer son principe à l'aide du tableau de solubilité.

Données utiles savon peu soluble dans l'eau, très peu soluble dans l'eau salée

Le savon est extrait lors du **relargage**.

D'après le tableau, le savon est encore moins soluble dans l'eau salée que dans l'eau. En ajoutant de l'eau salée, le savon resté dissous précipite : il forme une couche solide distincte de la phase aqueuse, qui contient le glycérol et la soude en excès. On sépare alors les deux couches.

Relargage : l'ajout d'eau salée fait précipiter le savon, très peu soluble dans ce milieu.

COMPRENDRE
Le savon, moins dense que l'eau salée, constitue la couche supérieure. Le texte le confirme : c'est la partie inférieure, aqueuse, que l'on soutire par le fond du chaudron.

1.6 Les ions carboxylate du savon comportent une partie hydrophile et une partie hydrophobe. Définir ces deux termes.

- **Hydrophile** (« qui aime l'eau ») : partie qui a une forte affinité pour l'eau et s'entoure facilement de molécules d'eau.
- **Hydrophobe** (« qui fuit l'eau ») : partie qui n'a pas d'affinité pour l'eau ; elle se lie en revanche aux graisses (elle est lipophile).

Hydrophile : affinité pour l'eau ; hydrophobe : pas d'affinité pour l'eau.

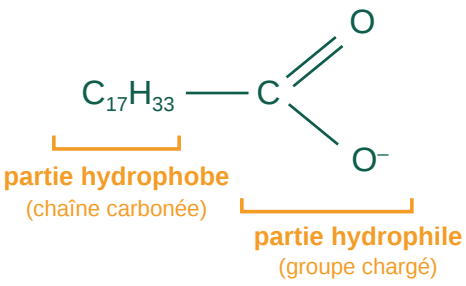
1.7 Donner la formule semi-développée de l'ion carboxylate en indiquant les deux parties précédemment citées.

L'ion carboxylate du savon d'Alep est l'ion oléate, de formule $C_{17}H_{33}-COO^-$.

- La longue chaîne carbonée $C_{17}H_{33}{}^-$, non chargée, est la partie hydrophobe.
- Le groupe carboxylate $-COO-$, chargé, est la partie hydrophile.

$\underbrace{C_{17}H_{33}}_{\text{hydrophobe}} - \underbrace{COO^-}_{\text{hydrophile}}$

COMPRENDRE
Cette double affinité explique le pouvoir lavant : la chaîne carbonée se fixe dans la salissure grasse, la tête chargée reste dans l'eau et entraîne la graisse au rinçage.



1.7 · Ion oléate : les deux parties de l'ion carboxylate

2.1.1 Donner les formules semi-développées et les noms de l'acide carboxylique A et de l'alcool B qui réagissent pour donner le butanoate de pentyle.

Données utiles ester : $CH_3-(CH_2)_2-CO_2-(CH_2)_4-CH_3$

Dans le nom de l'ester, « butanoate » vient de l'acide (4 atomes de carbone, groupe carboxyle compris) et « pentyle » vient de l'alcool (5 atomes de carbone).

- Acide A : **acide butanoïque**, $CH_3-CH_2-CH_2-COOH$
- Alcool B : **pentan-1-ol**, $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

A : acide butanoïque ; B : pentan-1-ol.

MÉTHODE
Couper la formule de l'ester au niveau de la liaison $CO-O$: le côté qui porte $C=O$ donne l'acide (on ajoute OH), l'autre côté donne l'alcool (on ajoute H sur l'oxygène).

2.1.2 Écrire l'équation chimique de la réaction d'estérification modélisant cette transformation.

L'acide butanoïque réagit avec le pentan-1-ol pour donner le butanoate de pentyle et de l'eau, mole à mole. La réaction se fait dans les deux sens, d'où la double flèche.

$$C_3H_7-COOH + C_5H_{11}-OH \rightleftharpoons C_3H_7-COO-C_5H_{11} + H_2O$$

PIÈGE
Oublier la molécule d'eau parmi les produits : vérifier la conservation des éléments C, H et O.

2.1.3 Cette transformation est-elle lente ou rapide ? Totale ou limitée ?

L'estérification évolue sur des durées de l'ordre de l'heure, même à chaud et en présence d'un catalyseur. Elle s'accompagne de la réaction inverse, l'hydrolyse de l'ester : l'état final est un état d'équilibre où coexistent les quatre espèces.

La transformation est **lente** et **limitée**.

2.2.1 Le mélange réactionnel préparé est-il équimolaire ? Justifier.

Données utiles $V_A = 16{,}0$ mL ; $\rho_A = 0{,}96$ g · mL^{-1} ; $M_A = 88$ g · mol^{-1} ; $n_B = 0{,}17$ mol

Quantité d'acide A introduite : $n_A = \dfrac{m_A}{M_A} = \dfrac{\rho_A V_A}{M_A}$

$$n_A = \frac{0{,}96 \times 16{,}0}{88} = 0{,}17 \text{ mol}$$

Or $n_B = 0{,}17$ mol : les deux réactifs sont introduits en quantités égales.

$n_A = n_B = 0{,}17$ mol : le mélange est **équimolaire**.

PIÈGE
Choisir la mauvaise ligne de l'aide au calcul. Écrire d'abord l'expression littérale $\rho_A V_A / M_A$, puis repérer le quotient qui lui correspond.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme ρ_A et M_A, les données les moins précises. Sans calculatrice, le quotient se lit directement dans l'aide au calcul.

2.2.2 On plonge chaque ampoule dans l'eau glacée avant d'effectuer le dosage. Pourquoi ?

La température est un facteur cinétique. En refroidissant brutalement l'ampoule, on ralentit très fortement l'estérification (et l'hydrolyse inverse) : la composition du mélange reste celle de la date t du prélèvement pendant toute la durée du dosage.

C'est une **trempe** : elle fige le système dans son état à la date t.

COMPRENDRE
À froid, on limite aussi la réaction parasite, lente, des ions hydroxyde versés avec l'ester formé (saponification), qui fausserait le volume équivalent.

2.2.3 Montrer que la quantité d'acide carboxylique A présent dans une ampoule à la date t est $n_{RCO_2H}(t) = c_B\,V_{BE} - n_{H_3O^+}$.

Les deux réactions de dosage consomment chacune un ion hydroxyde par espèce acide dosée (coefficients 1 pour 1).

À l'équivalence, les ions hydroxyde versés ont réagi exactement avec la totalité des deux acides présents dans l'ampoule :

$$n_{HO^-}(\text{versé}) = n_{H_3O^+} + n_{RCO_2H}(t)$$

Or $n_{HO^-}(\text{versé}) = c_B\,V_{BE}$, donc $c_B\,V_{BE} = n_{H_3O^+} + n_{RCO_2H}(t)$.

$$\boxed{n_{RCO_2H}(t) = c_B\,V_{BE} - n_{H_3O^+}}$$

MÉTHODE
Quand la solution titrante réagit avec deux espèces à la fois, écrire à l'équivalence que la quantité versée est la somme des quantités consommées par chaque réaction.

2.2.4 Montrer que l'avancement de l'estérification à la date t a pour expression $x(t) = n_{RCO_2H}(t=0) - c_B\,V_{BE} + n_{H_3O^+}$.

Tableau d'évolution pour le contenu d'une ampoule (quantités en mol) :

- équation : $RCO_2H + R'OH \rightleftharpoons \text{ester} + H_2O$
- état initial ($x = 0$) : $n_{RCO_2H}(t=0)$; $n_{R'OH}(t=0)$; 0 ; 0
- date t (avancement $x(t)$) : $n_{RCO_2H}(t=0) - x(t)$; $n_{R'OH}(t=0) - x(t)$; $x(t)$; $x(t)$

À la date t : $n_{RCO_2H}(t) = n_{RCO_2H}(t=0) - x(t)$, soit $x(t) = n_{RCO_2H}(t=0) - n_{RCO_2H}(t)$.

On remplace $n_{RCO_2H}(t)$ par son expression de la question 2.2.3 :

$$\boxed{x(t) = n_{RCO_2H}(t=0) - c_B\,V_{BE} + n_{H_3O^+}}$$

PIÈGE
Erreur de signe en retranchant la parenthèse : $-(c_B V_{BE} - n_{H_3O^+})$ donne $-c_B V_{BE} + n_{H_3O^+}$.

2.2.5 Calculer l'avancement x_{60} de la réaction à la date $t = 60$ min.

Données utiles $n_{H_3O^+} = 3{,}2 \times 10^{-3}$ mol ; $n_{RCO_2H}(t=0) = 2{,}3 \times 10^{-2}$ mol ; $V_{BE} = 6{,}7$ mL ; $c_B = 2{,}0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

$x_{60} = n_{RCO_2H}(t=0) - c_B\,V_{BE} + n_{H_3O^+}$, avec $V_{BE} = 6{,}7 \times 10^{-3}$ L.

$$x_{60} = 2{,}3 \times 10^{-2} - 2{,}0 \times 6{,}7 \times 10^{-3} + 3{,}2 \times 10^{-3}$$

$$x_{60} = 23 \times 10^{-3} - 13{,}4 \times 10^{-3} + 3{,}2 \times 10^{-3} = 12{,}8 \times 10^{-3}\ \text{mol}$$

$$\boxed{x_{60} = 1{,}3 \times 10^{-2}\ \text{mol}}$$

PIÈGE
Laisser V_{BE} en millilitres : avec c_B en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, le volume doit être en litres.

MÉTHODE
Sans calculatrice, mettre tous les termes à la même puissance de dix avant d'additionner. Le résultat se contrôle sur la courbe : à 60 min, on lit un peu plus de 0,012 mol.

2.3.1 Vrai ou faux : on peut obtenir « davantage d'ester » en éliminant l'eau formée au cours de la transformation.

Le quotient de réaction s'écrit $Q_r = \dfrac{[\text{ester}]\,[\text{eau}]}{[\text{acide}]\,[\text{alcool}]}$. Retirer l'eau au fur et à mesure maintient Q_r inférieur à la constante d'équilibre K : le système évolue sans cesse dans le sens direct, celui de la formation de l'ester, et la réaction inverse (hydrolyse) est empêchée.

VRAI : éliminer l'eau déplace l'équilibre dans le sens de la formation de l'ester.

2.3.2 Vrai ou faux : la vitesse volumique instantanée de la réaction augmente au cours du temps.

La vitesse volumique de réaction est $v = \frac{1}{V}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$, où V est le volume (constant) du mélange. Elle est proportionnelle à la pente de la tangente au graphe de $x(t)$.

Sur la courbe 1, la tangente est très inclinée à $t = 0$, puis de moins en moins, jusqu'à devenir horizontale : la vitesse diminue et finit par s'annuler.

FAUX : la vitesse volumique diminue au cours du temps.

COMPRENDRE
Les concentrations des réactifs, facteur cinétique, diminuent à mesure que la réaction avance : la transformation ralentit.

2.3.3 Vrai ou faux : le temps de demi-réaction vaut 100 min.

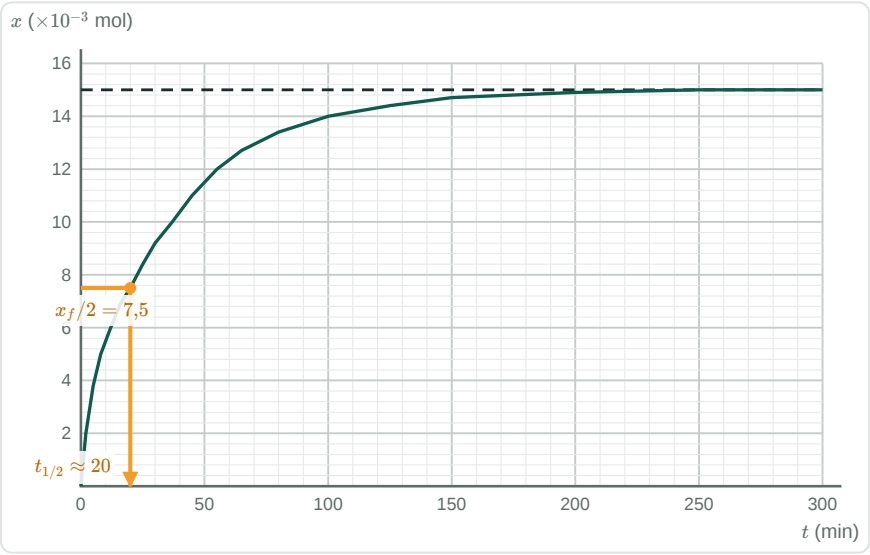
Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale : $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$.

Sur la courbe 1, l'asymptote horizontale donne $x_f = 0{,}015$ mol, donc $\frac{x_f}{2} = 0{,}0075$ mol. On lit l'abscisse du point d'ordonnée $0{,}0075$ mol : $t_{1/2} \approx 20$ min.

À $t = 100$ min, $x = 0{,}014$ mol : la réaction est presque terminée.

FAUX : $t_{1/2} \approx 20$ min, et non 100 min.

PIÈGE
Prendre la moitié de la durée totale de la réaction, ou la date où la courbe semble atteindre son palier. On part toujours de $x_f/2$ sur l'axe des ordonnées.



2.3.3 · Courbe 1 du sujet, avec la lecture du temps de demi-réaction

2.3.4 Vrai ou faux : si la température du milieu réactionnel augmente, on peut obtenir la courbe 2.

La température est un facteur cinétique : à température plus élevée, la transformation est plus rapide. La courbe 2 est bien au-dessus de la courbe 1 au début (tangente à l'origine plus inclinée) et atteint plus tôt son palier.

Les deux courbes ont le même palier : pour une estérification, l'avancement final ne dépend pas de la température, ce qui est cohérent.

VRAI : l'état final est atteint plus vite, avec le même avancement final.

COMPRENDRE
Chauffer fait gagner du temps, pas de l'ester. Pour augmenter l'avancement final, il faut mettre un réactif en excès ou éliminer un produit (question 2.3.1).

Spécialité : Transmission d'un signal modulé en amplitude

Bac S 2006 Nouvelle-Calédonie (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Si une station émettait directement un signal électromagnétique de même fréquence que le signal sonore, à quel intervalle de longueurs d'onde appartiendrait-il ?

Données utiles $c = 3{,}0 \times 10^8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; sons audibles : de 20 Hz à 20 kHz

Pour une onde électromagnétique dans l'air : $\lambda = \dfrac{c}{f}$.

Pour $f = 20$ Hz : $\lambda = \dfrac{3{,}0 \times 10^8}{20} = 1{,}5 \times 10^7$ m.

Pour $f = 20\ \text{kHz} = 2{,}0 \times 10^4$ Hz : $\lambda = \dfrac{3{,}0 \times 10^8}{2{,}0 \times 10^4} = 1{,}5 \times 10^4$ m.

$1{,}5 \times 10^4\ \text{m} \leq \lambda \leq 1{,}5 \times 10^7\ \text{m}$

PIÈGE
Utiliser la célérité du son (340 m/s) : le signal émis par l'antenne est une onde électromagnétique, il se propage à la célérité c. Penser aussi à convertir 20 kHz en hertz.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme c. La plus petite fréquence donne la plus grande longueur d'onde. Calculatrice interdite : on divise les nombres, puis on soustrait les exposants.

1.2 À l'aide du texte introductif, avancer une raison pour laquelle les stations de radio n'émettent pas directement un signal électromagnétique de même fréquence que le signal sonore.

Données utiles intervalle de longueurs d'onde (1.1)

D'après le texte, l'antenne doit avoir une taille comparable à la longueur d'onde du signal émis.

Ici, il faudrait une antenne longue de 15 km à 15 000 km : elle est impossible à construire.

Sans modulation, la taille de l'antenne serait irréalisable (au moins 15 km).

COMPRENDRE
Avec une porteuse de fréquence élevée, la longueur d'onde devient courte : à 100 MHz, $\lambda = 3{,}0$ m et l'antenne mesure de l'ordre du mètre.

2.1 Recopier et compléter la phrase avec des termes de la liste : affine, faible, sinusoïdal(e), modulant(e), élevé(e), modulé(e).

L'onde porteuse est un signal sinusoïdal de fréquence f_P **élevée**. Le signal modulé a une amplitude qui est une fonction **affine** du signal **modulant**.

élevée ; affine ; modulant

COMPRENDRE
L'amplitude de $s(t)$ vaut $A\,[1 + m\cos(2\pi f_m t)]$: une constante plus un terme proportionnel à la tension modulante, donc une fonction affine. La modulation n'est plus au programme actuel de spécialité.

2.2.1 Quelle est l'unité du coefficient k du multiplieur ?

Données utiles $s(t) = k\,u_1(t)\,u_2(t)$

s, u_1 et u_2 sont des tensions, en volts. Donc $k = \dfrac{s}{u_1\,u_2}$ s'exprime en $\dfrac{\text{V}}{\text{V} \times \text{V}}$.

k s'exprime en V^{-1}.

2.2.2 Dans quel intervalle doit se situer le taux de modulation m pour réaliser une bonne modulation d'amplitude ?

Données utiles $m = \dfrac{U_m}{U_0}$; surmodulation si l'amplitude du signal modulant dépasse U_0

Il y a surmodulation si $U_m > U_0$, c'est-à-dire si $\dfrac{U_m}{U_0} > 1$, soit $m > 1$.

Pour l'éviter, il faut $U_m \leq U_0$, donc $m \leq 1$. De plus U_m et U_0 sont positives et le signal modulant n'est pas nul : $m > 0$.

$$0 < m \leq 1$$

COMPRENDRE
Pour $m = 1$, l'enveloppe $A\,[1 + m\cos(2\pi f_m t)]$ s'annule sans changer de signe : c'est le cas limite. En pratique on choisit m nettement inférieur à 1.

2.3.1 À partir de la figure 1, déduire une valeur numérique approchée du taux de modulation m.

Données utiles $m = \dfrac{S_M - S_m}{S_M + S_m}$; sensibilité verticale : 0,5 V/div

Lecture sur l'oscillogramme, à partir de l'axe central :

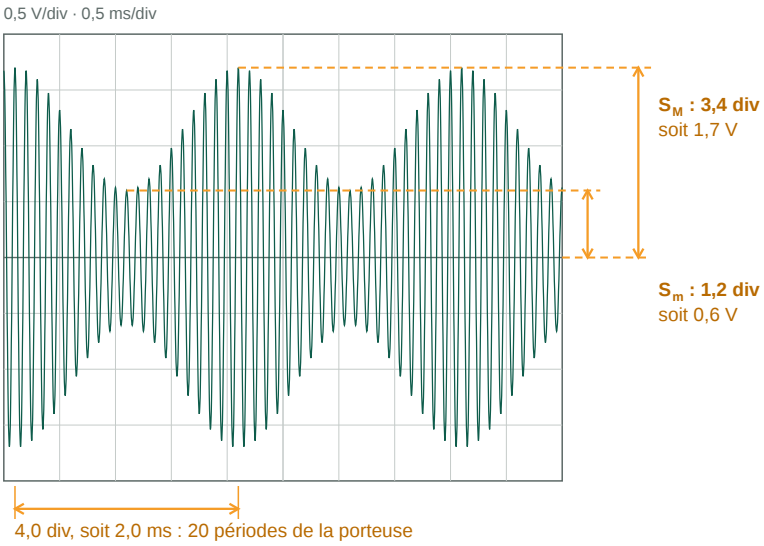
S_M : 3,4 div, soit $S_M = 3{,}4 \times 0{,}5 = 1{,}7$ V. S_m : 1,2 div, soit $S_m = 1{,}2 \times 0{,}5 = 0{,}6$ V.

$$m = \frac{S_M - S_m}{S_M + S_m} = \frac{1{,}7 - 0{,}6}{1{,}7 + 0{,}6} = \frac{1{,}1}{2{,}3}$$

$$m \approx 0{,}5$$

PIÈGE
Mesurer S_M et S_m de crête à crête, ou depuis le bas de l'écran : les deux se lisent à partir de l'axe central (0 V).

COMPRENDRE
m est un rapport de deux tensions : on peut le calculer directement en divisions, $\dfrac{3{,}4 - 1{,}2}{3{,}4 + 1{,}2}$. La lecture étant peu précise, un seul chiffre significatif suffit. Ici $m < 1$: pas de surmodulation.



2.3.1 · Figure 1 du sujet (reconstituée), avec les lectures de S_M, S_m et des 20 périodes de la porteuse

2.3.2 Vérifier que la fréquence de la porteuse utilisée est $f_P = 10$ kHz.

Données utiles balayage : 0,5 ms/div

Entre deux maxima successifs de l'enveloppe, distants de 4,0 div, on compte 20 périodes de la porteuse :

$$20\,T_P = 4{,}0 \times 0{,}5 = 2{,}0\ \text{ms} \quad \text{donc} \quad T_P = \frac{2{,}0 \times 10^{-3}}{20} = 1{,}0 \times 10^{-4}\ \text{s}$$

$$f_P = \frac{1}{T_P} = \frac{1}{1{,}0 \times 10^{-4}} = 1{,}0 \times 10^{4}\ \text{Hz}$$

$f_P = 1{,}0 \times 10^4$ Hz $= 10$ kHz : valeur vérifiée.

COMPRENDRE
Contrôle : la période de l'enveloppe, 2,0 ms, est celle du signal modulant, $T_m = \dfrac{1}{f_m} = \dfrac{1}{500}$ s. Et $\dfrac{f_P}{f_m} = 20$.

MÉTHODE
Mesurer la durée d'un grand nombre de périodes, puis diviser : l'erreur de lecture est répartie sur 20 périodes au lieu d'une seule.

3.1.1 Quelle est la fonction de la partie n°1 (antenne, bobine et condensateur en dérivation) dans le montage ?

L'antenne capte de nombreuses ondes électromagnétiques, de fréquences différentes. Le dipôle L_0C_0 en dérivation est un circuit d'accord : il ne laisse subsister que les signaux de fréquence voisine de sa fréquence propre f_0.

La partie n°1 reçoit les signaux et sélectionne celui dont la porteuse a la fréquence voulue.

COMPRENDRE
C'est ce que l'on fait en choisissant une station sur un poste de radio : on règle C_0, donc f_0. Les circuits LC ne sont plus au programme actuel de spécialité.

3.1.2 Quelle valeur doit-on choisir pour C_0 pour que cette fonction soit effectivement remplie ?

Données utiles $L_0 = 2{,}5$ mH ; $f_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{L_0C_0}}$; $f_P = 10$ kHz ; aide : $\pi^2 \approx 10$

Le circuit doit être accordé sur la porteuse : $f_0 = f_P = 1{,}0 \times 10^4$ Hz.

$$f_0^2 = \frac{1}{4\pi^2 L_0 C_0} \text{ donc } C_0 = \frac{1}{4\pi^2 L_0 f_P^2}$$

$$C_0 = \frac{1}{4 \times 10 \times 2{,}5 \times 10^{-3} \times (1{,}0 \times 10^4)^2} = \frac{1}{1{,}0 \times 10^7}$$

$C_0 = 1{,}0 \times 10^{-7}$ F $= 0{,}10\ \mu$F

PIÈGE
Accorder le circuit sur 500 Hz : l'antenne reçoit le signal modulé, dont la fréquence est celle de la porteuse. Convertir aussi L_0 en henrys et f_P en hertz.

MÉTHODE
Sans calculatrice : $4 \times 10 \times 2{,}5 = 100 = 10^2$, puis $10^2 \times 10^{-3} \times 10^8 = 10^7$.

3.2 Sachant que $C = 500$ nF, choisir, en justifiant, la valeur de R qui convient le mieux au détecteur de crête parmi 20 Ω, 200 Ω, 2,0 kΩ et 20 kΩ.

Données utiles $f_P = 10$ kHz ; $f_m = 500$ Hz ; condition : $\tau = RC$ très supérieure à T_P et inférieure à T_m

$T_P = \dfrac{1}{f_P} = 1{,}0 \times 10^{-4}$ s et $T_m = \dfrac{1}{f_m} = \dfrac{1}{500} = 2{,}0 \times 10^{-3}$ s.

Il faut $T_P \ll RC < T_m$. Avec $C = 5{,}00 \times 10^{-7}$ F, la constante de temps $\tau = RC$ vaut :

- $R = 20\ \Omega$: $\tau = 1{,}0 \times 10^{-5}$ s, inférieure à T_P ;
- $R = 200\ \Omega$: $\tau = 1{,}0 \times 10^{-4}$ s, égale à T_P ;
- $R = 2{,}0$ kΩ : $\tau = 1{,}0 \times 10^{-3}$ s, soit $10\,T_P$ et $0{,}5\,T_m$;
- $R = 20$ kΩ : $\tau = 1{,}0 \times 10^{-2}$ s, supérieure à T_m.

$R = 2{,}0$ kΩ : c'est la seule valeur telle que $T_P \ll \tau < T_m$.

COMPRENDRE
Si τ est trop petite, le condensateur se décharge entre deux crêtes de la porteuse et la tension reste dentelée. Si τ est trop grande, la tension ne redescend pas assez vite pour suivre l'enveloppe.

MÉTHODE
On peut aussi encadrer R : $\dfrac{T_P}{C} \ll R < \dfrac{T_m}{C}$, soit $200\ \Omega \ll R < 4{,}0$ kΩ.

3.3 Quel est le rôle de la partie n°3 (conducteur ohmique R_1 et condensateur C_1) ?

À la sortie du détecteur de crête, la tension est proportionnelle à $u_1(t) = U_0 + U_m \cos(2\pi f_m t)$: elle contient encore une composante continue, liée à U_0.

La partie n°3 est un filtre qui élimine cette composante continue : $u_f(t)$ est alors une tension sinusoïdale de fréquence $f_m = 500$ Hz, image du signal sonore.

La partie n°3 supprime la composante continue (tension de décalage) pour restituer le signal modulant.

COMPRENDRE
Le schéma du sujet semble inverser les deux composants : pour arrêter une tension continue, le condensateur C_1 doit être en série et u_f prise aux bornes de R_1. Tel que dessiné, le filtre lisserait seulement les ondulations résiduelles.