Corrigé complet — Bac S 2005 Asie (ancien programme)

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

Ex 1	**Propagation d'une onde le long d'une corde** Onde mécanique progressive · Onde transversale · Célérité · Retard · Chronophotographie · Influence du milieu de propagation	4 pts	52 min	12 questions	p. 2
Ex 2	**Hémisynthèse de l'aspirine, contrôle de la pureté du produit formé** Groupes caractéristiques · Estérification et état d'équilibre · Chauffage à reflux · Filtration sous vide · Rendement d'une synthèse · Titrage acido-basique	6,5 pts	1 h 18	15 questions	p. 5
Ex 3	**Evolution temporelle de différents systèmes électriques** Circuit RC série · Charge et décharge d'un condensateur · Constante de temps · Équation différentielle du premier ordre · Énergie et puissance moyenne · Dipôles RL et RLC	5,5 pts	1 h 05	11 questions	p. 9
Ex 4	**Spécialité : Etude de différents sons** Hauteur et timbre d'un son · Période et fréquence · Analyse spectrale · Fondamental et harmoniques · Onde stationnaire sur une corde · Célérité et tension d'une corde	4 pts	52 min	11 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.

Propagation d'une onde le long d'une corde

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

1 Préciser la direction de propagation de l'onde et la direction du mouvement du point M.

La perturbation avance le long de la corde, posée à plat sur le sol : la propagation se fait suivant l'**horizontale**.

Le point M monte puis redescend, comme la main qui a donné la secousse : son mouvement est **vertical**.

Propagation horizontale (le long de la corde) ; mouvement de M vertical.

PIÈGE
Confondre les deux mouvements : M ne se déplace pas le long de la corde. Une onde transporte de l'énergie, pas de matière ; après le passage de la perturbation, M retrouve sa position initiale.

1.2 En déduire si l'onde est transversale ou longitudinale.

Le mouvement de M (vertical) est perpendiculaire à la direction de propagation (horizontale).

L'onde est **transversale**.

COMPRENDRE
Une onde est longitudinale quand les points du milieu bougent parallèlement à la direction de propagation : c'est le cas du son dans l'air ou d'une compression le long d'un ressort.

2.1 Définir puis calculer la célérité de l'onde.

Données utiles $\Delta t = 0{,}25$ s entre deux photos ; figure 2 : deux traits verticaux voisins sont distants de $1{,}00$ m

La célérité v est la vitesse de propagation de l'onde : c'est le quotient de la distance d parcourue par la perturbation par la durée τ mise pour la parcourir, $v = \dfrac{d}{\tau}$.

Sur la figure 2, de la photo 6 à la photo 8, l'avant de la perturbation (son front) passe d'un trait vertical au suivant : $d = 1{,}00$ m, pendant $\tau = 2\,\Delta t = 0{,}50$ s.

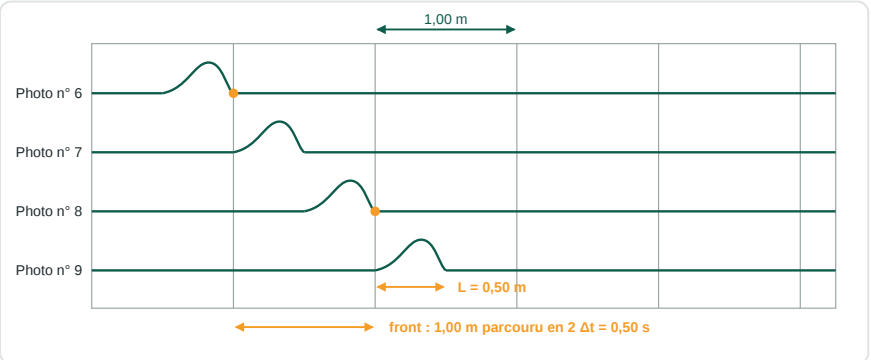
$$v = \frac{1{,}00}{0{,}50} = 2{,}0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v = 2{,}0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

PIÈGE
Compter les photos au lieu des intervalles : de la photo 6 à la photo 8, il y a deux intervalles, soit $0{,}50$ s et non $0{,}75$ s.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $\Delta t = 0{,}25$ s, la donnée la moins précise. On garde ce nombre de chiffres dans toute la suite.

MÉTHODE
Repérer toujours le même point de la perturbation (ici le front, à l'avant) sur deux photos éloignées : entre les photos 6 et 8, il tombe exactement sur deux traits du quadrillage, la lecture est sûre.



2.1 · Figure 2 du sujet : avancée du front entre les photos 6 et 8, longueur L de la perturbation

2.2 Pendant quelle durée un point de la corde est-il en mouvement ?

Données utiles $v = 2{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (2.1) ; figure 2

Un point est en mouvement depuis l'arrivée du front jusqu'au passage de l'arrière de la perturbation. Sur la figure 2, la perturbation s'étend sur une demi-division : $L = 0{,}50$ m.

Elle défile entièrement devant le point en une durée :

$$\theta = \frac{L}{v} = \frac{0{,}50}{2{,}0} = 0{,}25\ \text{s}$$

$\theta = 0{,}25$ s

COMPRENDRE
Vérification sur la figure 3 : l'altitude de A s'écarte de zéro entre $1{,}50$ s et $1{,}75$ s, soit pendant $0{,}25$ s. Chaque point de la corde reproduit le mouvement de la source pendant la même durée.

3.1 Lequel des deux points A et B est touché le premier par la perturbation ?

Sur la figure 3, z_A cesse d'être nulle à la date $t_A = 1{,}50$ s, alors que z_B ne quitte zéro qu'à $t_B = 2{,}00$ s.

Comme $t_A < t_B$:

Le point **A** est touché le premier.

MÉTHODE
Sur un graphe $z(t)$ tracé pour un point donné, la date d'arrivée de l'onde est l'instant où la courbe décolle de l'axe des abscisses.

3.2 Lequel de ces deux points est situé le plus près du point source S ?

Données utiles $v = 2{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (2.1) ; $t_A = 1{,}50$ s et $t_B = 2{,}00$ s (3.1)

L'onde part de S à $t_0 = 0$ s et se propage à célérité constante : elle atteint d'abord les points les plus proches de la source. La distance d'un point à S vaut $v\,t$:

$SA = v\,t_A = 2{,}0 \times 1{,}50 = 3{,}0$ m $\qquad$ $SB = v\,t_B = 2{,}0 \times 2{,}00 = 4{,}0$ m

$SA < SB$: le point **A** est le plus proche de S.

3.3 Quel retard le point touché en second présente-t-il par rapport au point touché en premier ?

Données utiles $t_A = 1{,}50$ s ; $t_B = 2{,}00$ s (3.1)

B reproduit le mouvement de A avec un retard :

$$\tau = t_B - t_A = 2{,}00 - 1{,}50 = 0{,}50\ \text{s}$$

$\tau = 0{,}50$ s

COMPRENDRE
Les deux courbes de la figure 3 ont la même forme : celle de B est celle de A décalée de τ vers la droite. C'est la signature d'une onde progressive.

3.4 Quelle est la valeur de la distance séparant les points A et B ?

Données utiles $v = 2{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (2.1) ; $\tau = 0{,}50$ s (3.3)

Pendant le retard τ, la perturbation va de A à B à la célérité v :

$$AB = v\,\tau = 2{,}0 \times 0{,}50 = 1{,}0\ \text{m}$$

$AB = 1{,}0$ m

COMPRENDRE
Résultat cohérent avec la question 3.2 : $SB - SA = 4{,}0 - 3{,}0 = 1{,}0$ m.

3.5 Un point C commence son mouvement à la date $t_C = 0{,}50$ s. Préciser sa position par rapport à A, puis représenter A, B et C par rapport à S (échelle : 2 cm pour 1 m).

Données utiles $v = 2{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (2.1) ; $SA = 3{,}0$ m et $SB = 4{,}0$ m (3.2)

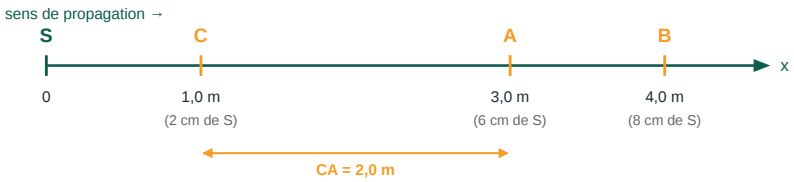
$t_C < t_A$: C est atteint avant A, il se trouve donc entre S et A.

$SC = v\,t_C = 2{,}0 \times 0{,}50 = 1{,}0$ m, donc $CA = SA - SC = 3{,}0 - 1{,}0 = 2{,}0$ m.

Sur le schéma, à l'échelle demandée : C à 2 cm de S, A à 6 cm et B à 8 cm, tous du même côté de S.

C est situé $2{,}0$ m avant A, entre S et A, à $1{,}0$ m de la source.

PIÈGE
Placer C au-delà de A parce qu'on trouve une distance de $2{,}0$ m. Le signe du retard donne le sens : C bouge $1{,}00$ s avant A, il est du côté de la source.



3.5 · Positions de S, C, A et B le long de la corde (sur la copie : 2 cm pour 1 m)

4.1 La forme de la perturbation modifie-t-elle la célérité ?

Dans les expériences 1-a et 1-b (figure 4), le point K commence à bouger à la même date, $t = 1{,}50$ s, alors que les deux perturbations n'ont pas la même forme.

La même distance $d = SK$ est parcourue pendant la même durée : $v = \dfrac{d}{t}$ a la même valeur.

La forme de la perturbation ne modifie pas la célérité.

PIÈGE
En 1-b, la perturbation commence par un creux : la date d'arrivée est le début de ce creux, pas le sommet de la bosse qui suit.

MÉTHODE
Dans toute la partie 4, la distance $d = SK$ est fixe : comparer les célérités revient à comparer les dates d'arrivée en K. Plus l'onde arrive tôt, plus elle est rapide.

4.2 La tension de la corde modifie-t-elle la célérité et si oui, dans quel sens ?

Figure 5 : la perturbation atteint K à $t \approx 1{,}5$ s dans l'expérience 2-a et à $t \approx 0{,}8$ s dans l'expérience 2-b.

Pour la même distance d, la durée est plus courte en 2-b : la célérité y est plus grande. Or la corde est plus tendue en 2-b.

Oui : la célérité augmente quand la tension de la corde augmente.

COMPRENDRE
Une seule grandeur change entre 2-a et 2-b (la tension) : même corde, même forme de perturbation. C'est ce qui permet d'attribuer l'écart de célérité à la tension.

4.3 La masse linéique de la corde modifie-t-elle la célérité et si oui, dans quel sens ?

Figure 6 : la perturbation atteint K à $t = 1{,}00$ s dans l'expérience 3-a et à $t = 1{,}50$ s dans l'expérience 3-b.

Pour la même distance d, la durée est plus courte en 3-a : la célérité y est plus grande. Or la corde 3-a a la masse linéique la plus faible.

Oui : la célérité diminue quand la masse linéique μ de la corde augmente.

COMPRENDRE
Ces deux résultats se résument par $v = \sqrt{F/\mu}$, avec F la tension de la corde. Cette relation n'est pas à connaître ; elle montre que la célérité dépend du milieu, pas de la source.

Hémisynthèse de l'aspirine, contrôle de la pureté du produit formé

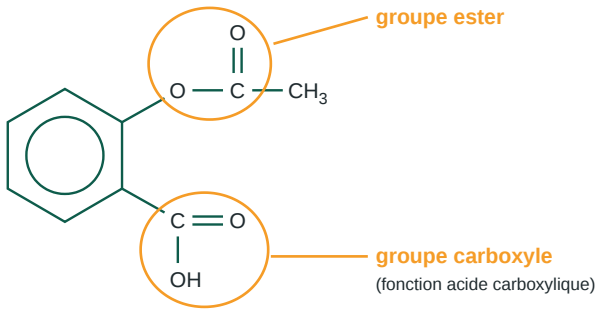
Bac S 2005 Asie (ancien programme) · Exercice 2 **6,5 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1 Recopier la formule de l'aspirine ; entourer et nommer les groupes caractéristiques oxygénés.

La molécule porte deux groupes oxygénés, tous deux liés au cycle benzénique (voir la formule ci-dessous).

Un groupe **ester** $-O-CO-CH_3$ et un groupe **carboxyle** $-COOH$ (fonction acide carboxylique).

PIÈGE
Entourer seulement $C{=}O$ ou seulement $-OH$: aucun des deux n'est un groupe caractéristique ici. Le carboxyle comprend $C{=}O$ et OH sur le même carbone ; l'ester comprend $C{=}O$ et l'oxygène voisin.



1 · Formule de l'aspirine : les deux groupes caractéristiques oxygénés

2.1 Écrire, en formules semi-développées, l'équation de la réaction entre l'acide salicylique et l'acide acétique.

Le groupe hydroxyle de l'acide salicylique réagit avec le groupe carboxyle de l'acide acétique : c'est une estérification, qui forme l'aspirine et de l'eau. En notant C_6H_4 le cycle benzénique :

$$HO-C_6H_4-COOH + CH_3-COOH \rightleftharpoons CH_3-COO-C_6H_4-COOH + H_2O$$

COMPRENDRE
L'acide salicylique possède deux groupes : hydroxyle et carboxyle. Pour obtenir l'aspirine, c'est son hydroxyle qui est transformé en ester ; son carboxyle reste intact, on le retrouve dans le produit.

2.2 L'avancement maximal peut-il être atteint ? Pourquoi ?

Une estérification est une transformation limitée : la réaction inverse (hydrolyse de l'ester) se produit en même temps, et le système aboutit à un état d'équilibre où les quatre espèces coexistent.

Non : $x_f < x_{max}$, car l'estérification n'est pas totale.

PIÈGE
Répondre « parce que la réaction est lente ». La lenteur allonge la durée nécessaire mais ne change pas l'état final ; c'est le caractère limité qui empêche d'atteindre x_{max}.

2.3 Donner un moyen d'augmenter l'avancement final en conservant les mêmes réactifs.

Introduire l'un des deux réactifs en large excès (par exemple l'acide acétique), ou éliminer l'eau au fur et à mesure de sa formation : l'équilibre est déplacé dans le sens de l'estérification.

PIÈGE
Proposer de chauffer ou d'ajouter un catalyseur. Ces deux moyens font atteindre l'état final plus vite, sans modifier l'avancement final d'une estérification.

2.4 Écrire, en formules semi-développées, l'équation de la réaction entre l'acide salicylique et l'anhydride éthanoïque.

L'anhydride éthanoïque réagit avec le groupe hydroxyle ; il se forme l'aspirine et de l'acide éthanoïque, sans eau.

$$HO-C_6H_4-COOH + CH_3-CO-O-CO-CH_3 \longrightarrow CH_3-COO-C_6H_4-COOH + CH_3-COOH$$

COMPRENDRE
Aucune molécule d'eau n'est produite, donc l'ester ne peut pas être hydrolysé : la transformation est totale, d'où la flèche simple. C'est l'intérêt de remplacer l'acide par son anhydride.

2.5 Pourquoi utiliser un ballon sec ?

D'après les données, l'anhydride éthanoïque réagit totalement et vivement avec l'eau en donnant de l'acide acétique.

Dans un ballon humide, une partie de l'anhydride serait détruite avant d'avoir réagi avec l'acide salicylique.

2.6 Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?

C'est un catalyseur : il accélère la réaction sans figurer dans son équation.

COMPRENDRE
Quelques gouttes suffisent, car un catalyseur est régénéré en fin de réaction. Il ne modifie pas l'état final.

2.7 Pourquoi chauffer ?

La température est un facteur cinétique : chauffer augmente la vitesse de la réaction, donc réduit la durée de la synthèse.

2.8 Quel est l'intérêt d'un chauffage à reflux ?

Les vapeurs qui s'échappent du mélange chaud se liquéfient au contact des parois froides du réfrigérant et retombent dans le ballon.

On chauffe (réaction plus rapide) sans perdre de réactifs ni de produits, et sans rejeter de vapeurs acides dans la salle.

PIÈGE
Écrire que le réfrigérant « refroidit le mélange ». Le ballon reste chaud : seules les vapeurs sont refroidies et liquéfiées.

2.9 Quel est le rôle des 30 mL d'eau distillée ajoutés par le haut du réfrigérant après le chauffage ?

L'anhydride éthanoïque a été introduit en excès : il en reste à la fin de la synthèse.

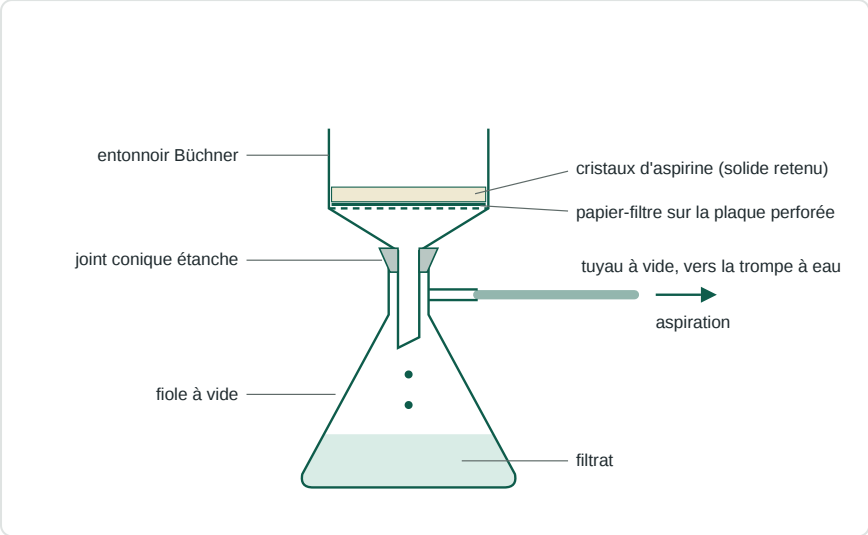
L'eau détruit l'excès d'anhydride en le transformant en acide acétique, soluble dans l'eau. Cette réaction étant vive, on verse l'eau peu à peu à travers le réfrigérant, qui retient les vapeurs chaudes et acides.

COMPRENDRE
L'aspirine est peu soluble dans l'eau, encore moins à froid. Les ajouts d'eau puis d'eau glacée préparent donc aussi la cristallisation, alors que l'acide acétique reste en solution.

2.10 Faire un schéma annoté de la filtration sous vide.

Schéma ci-dessous : entonnoir Büchner garni d'un papier-filtre, posé de façon étanche sur une fiole à vide reliée à la trompe à eau.

MÉTHODE
Un schéma de montage se note sur ses légendes : nommer chaque pièce de verrerie, le solide retenu, le filtrat et la direction de l'aspiration. Fixer la fiole, que le tuyau pourrait renverser.



2.10 · Filtration sous vide sur entonnoir Büchner

3 Un groupe a pesé 12,0 g de cristaux secs. Définir et calculer le rendement de la synthèse.

Données utiles $m(\text{acide salicylique}) = 13{,}8$ g ; $M(\text{acide salicylique}) = 138$ g · mol^{-1} ; $M(\text{aspirine}) = 180$ g · mol^{-1} ; $m_{exp} = 12{,}0$ g ; anhydride : 25 mL, 1,08 g · mL^{-1}, 102 g · mol^{-1}

Le rendement est le quotient de la quantité de produit obtenue par la quantité maximale attendue si la transformation était totale : $\eta = \dfrac{n_{exp}}{n_{max}} = \dfrac{m_{exp}}{m_{max}}$.

Réactif limitant : $n(\text{acide salicylique}) = \dfrac{13{,}8}{138} = 0{,}100$ mol, et $n(\text{anhydride}) = \dfrac{25 \times 1{,}08}{102} \approx 0{,}26$ mol. L'anhydride est bien en excès.

Une mole d'acide salicylique donne une mole d'aspirine : $n_{max} = 0{,}100$ mol, soit $m_{max} = 0{,}100 \times 180 = 18{,}0$ g.

$$\eta = \frac{12{,}0}{18{,}0} = \frac{2}{3}$$

$\eta \approx 0{,}667$, soit $66{,}7\,\%$.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme les masses 13,8 g et 12,0 g. Ce rendement suppose des cristaux d'aspirine pure : la partie 4 montre que ce n'est pas le cas.

MÉTHODE
Sans calculatrice, simplifier avant de calculer : $13{,}8 \div 138 = 0{,}100$ se lit directement, et $12 \div 18$ se réduit à $2 \div 3$.

4.1 En notant HA l'aspirine, écrire l'équation de la réaction de titrage.

L'acide HA cède un ion H^+ à la base HO^- apportée par la solution d'hydroxyde de sodium.

$$HA\,(aq) + HO^-\,(aq) \longrightarrow A^-\,(aq) + H_2O\,(l)$$

PIÈGE
Faire figurer Na^+ : cet ion est spectateur. Une réaction support de titrage doit être totale et rapide, d'où la flèche simple.

4.2 En déduire la quantité de matière d'aspirine pure dans l'échantillon titré, puis dans les cristaux.

Données utiles $c_B = 5{,}0 \times 10^{-1}$ mol · L^{-1} ; $V_{BE} = 10{,}0$ mL ; $V_A = 10{,}0$ mL ; fiole de 100,0 mL

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques (une mole de HO^- pour une mole de HA) :

$$n_A = c_B \times V_{BE} = 5{,}0 \times 10^{-1} \times 10{,}0 \times 10^{-3} = 5{,}0 \times 10^{-3}\ \text{mol}$$

Le prélèvement de 10,0 mL représente un dixième des 100,0 mL de solution, qui contiennent tous les cristaux : $n_{cristaux} = 10 \times n_A$.

$n_A = 5{,}0 \times 10^{-3}$ mol dans l'échantillon titré ; $n_{cristaux} = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol dans les cristaux.

PIÈGE
Laisser V_{BE} en millilitres, ou s'arrêter à la prise d'essai : on n'a titré qu'un dixième de la solution préparée.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs seulement : c'est la précision de c_B, donnée la moins précise du calcul.

4.3 L'aspirine préparée est-elle pure ?

Données utiles $n_{cristaux} = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol (4.2) ; $M(\text{aspirine}) = 180\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; masse des cristaux : $12{,}0$ g

Masse d'aspirine pure contenue dans les cristaux :

$$m = n_{cristaux} \times M = 5{,}0 \times 10^{-2} \times 180 = 9{,}0\ \text{g}$$

Or les cristaux pèsent $12{,}0$ g : $9{,}0\ \text{g} < 12{,}0\ \text{g}$.

Non, l'aspirine n'est pas pure : les cristaux ne contiennent que $9{,}0$ g d'aspirine, soit $\dfrac{9{,}0}{12{,}0} = 75\ \%$ de leur masse.

COMPRENDRE
Les $3{,}0$ g restants peuvent être de l'eau (séchage insuffisant) ou de l'acide salicylique n'ayant pas réagi. Une recristallisation permettrait de purifier le produit.

MÉTHODE
Pour juger une pureté, comparer deux grandeurs de même nature : la masse d'aspirine déduite du titrage et la masse de solide pesée, ou bien les deux quantités de matière.

Evolution temporelle de différents systèmes électriques

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

1.1.1 Préciser entre quels points on doit réaliser le branchement pour visualiser la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique.

Le conducteur ohmique est placé entre les points B et M, et la masse du circuit est au point M.

Voie de mesure reliée au point **B**, masse reliée au point **M** : on visualise $u_R = u_{BM}$.

PIÈGE
La masse du système d'acquisition est imposée : elle se branche en M, là où se trouve déjà la masse du montage. La brancher en B mettrait le conducteur ohmique en court-circuit.

1.1.2 Expliquer pourquoi on visualise alors les variations de l'intensité du courant.

Avec le sens positif choisi, le courant traverse le conducteur ohmique de B vers M. Loi d'Ohm : $u_R = u_{BM} = Ri$, donc $i = \dfrac{u_R}{R}$.

R est une constante positive.

u_R est proportionnelle à i : la courbe de $u_R(t)$ a la même allure et le même signe que celle de $i(t)$.

MÉTHODE
Un système d'acquisition ne mesure que des tensions. Pour suivre une intensité, on relève la tension aux bornes d'un conducteur ohmique, puis on divise par R.

1.2 Affecter à chaque montage (1, 2 et 3) l'oscillogramme correspondant (a, b ou c). Justifier brièvement.

Chaque oscillogramme donne l'allure de $i(t)$ (question 1.1.2).

Oscillogramme a : i oscille de part et d'autre de zéro avec une amplitude qui décroît. Ce sont des oscillations amorties (régime pseudo-périodique), propres au circuit RLC : montage 3.

Oscillogramme b : i prend sa valeur maximale dès la fermeture, puis décroît jusqu'à zéro. Dans le montage 1, le condensateur est déchargé à $t = 0$ ($u_C = 0$), donc $u_R = E$ et $i(0) = \dfrac{E}{R}$; une fois le condensateur chargé, le courant ne passe plus.

Oscillogramme c : i part de zéro et augmente progressivement jusqu'à une valeur constante. La bobine retarde l'établissement du courant : montage 2.

Montage 1 (RC) : oscillogramme b ; montage 2 (RL) : oscillogramme c ; montage 3 (RLC) : oscillogramme a.

PIÈGE
Les courbes montrent $i(t)$, pas $u_C(t)$. Pour le circuit RC, c'est u_C qui croît pendant la charge, alors que l'intensité, elle, décroît.

COMPRENDRE
La bobine, les circuits RL et RLC et les oscillations électriques ne figurent plus au programme actuel de spécialité. Le circuit RC (montage 1), lui, y figure toujours.

2.1.1 Associer à chaque phase de fonctionnement du flash les phénomènes de charge et de décharge du condensateur.

Première phase : K_1 est fermé, la tension continue établie entre P et N alimente le condensateur, qui emmagasine de l'énergie.

Seconde phase : K_2 se ferme, le condensateur restitue cette énergie à la lampe.

Première phase : **charge** du condensateur ; seconde phase : **décharge** du condensateur.

2.1.2 Affecter à chacune des courbes I et II la phase correspondante.

Courbe I : u_C décroît de 300 V à 0 en environ 0,5 ms. Le condensateur se décharge, très rapidement.

Courbe II : u_C croît de 0 à 300 V en une vingtaine de secondes. Le condensateur se charge, lentement.

Courbe I : seconde phase (décharge) ; courbe II : première phase (charge).

PIÈGE
Les deux axes des temps n'ont pas la même unité : millisecondes pour la courbe I, secondes pour la courbe II. La décharge est environ 30 000 fois plus rapide que la charge.

2.2 Expliquer et utiliser une méthode permettant de déterminer la constante de temps τ sur chaque courbe. Vérifier que $\tau(\text{courbe I}) \approx 0{,}1$ ms et $\tau(\text{courbe II}) \approx 3$ s, puis en déduire les valeurs approchées de R et de r.

Données utiles $C = 100\ \mu\text{F} = 1{,}00 \times 10^{-4}$ F

Méthode de la tangente à l'origine : on trace la tangente à la courbe à $t = 0$; elle coupe l'asymptote (valeur finale de u_C) à la date $t = \tau$.

Courbe I : l'asymptote est l'axe des abscisses ($u_C = 0$). La tangente le coupe à $\tau_\text{I} \approx 0{,}1$ ms.

Courbe II : l'asymptote est la droite $u_C = 300$ V. La tangente la coupe à $\tau_\text{II} \approx 3$ s.

Les deux valeurs annoncées sont vérifiées.

La charge (courbe II) se fait à travers R : $\tau_\text{II} = RC$, donc $R = \dfrac{\tau_\text{II}}{C} = \dfrac{3}{1{,}00 \times 10^{-4}} = 3 \times 10^4\ \Omega$.

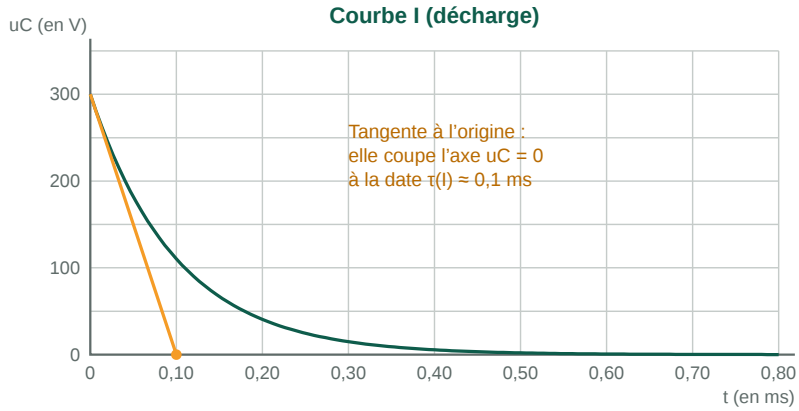
La décharge (courbe I) se fait à travers r : $\tau_\text{I} = rC$, donc $r = \dfrac{\tau_\text{I}}{C} = \dfrac{0{,}1 \times 10^{-3}}{1{,}00 \times 10^{-4}} = 1\ \Omega$.

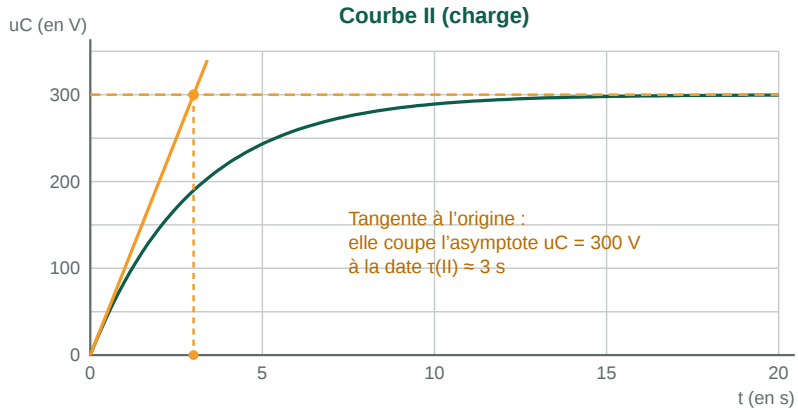
$R \approx 3 \times 10^4\ \Omega = 30\ \text{k}\Omega$ et $r \approx 1\ \Omega$

PIÈGE
Convertir avant de calculer : $100\ \mu\text{F} = 1{,}00 \times 10^{-4}$ F et $0{,}1\ \text{ms} = 1 \times 10^{-4}$ s. Ne pas intervertir : R va avec la charge, r avec la décharge.

COMPRENDRE
Un seul chiffre significatif pour R et r : les constantes de temps, lues sur un graphique, ne sont connues qu'à un chiffre.

MÉTHODE
Autre méthode : à $t = \tau$, la charge atteint 63 % de la valeur finale ($0{,}63 \times 300 \approx 190$ V) et la décharge est tombée à 37 % de la valeur initiale (≈ 110 V). On lit l'abscisse du point correspondant.





2.2 · Annexe complétée : tangentes à l'origine (en orange) et lecture des constantes de temps

2.3.1 Quelle est la tension maximale aux bornes du condensateur ?

Sur la courbe II, u_C tend vers une valeur limite en fin de charge ; c'est aussi la valeur initiale de la courbe I.

$$u_{C,\max} = 300 \text{ V}$$

2.3.2 En déduire l'énergie maximale emmagasinée dans le condensateur.

Données utiles $C = 1{,}00 \times 10^{-4}$ F ; $u_{C,\max} = 300$ V (2.3.1)

Énergie emmagasinée par un condensateur : $E_C = \frac{1}{2} C u_C^2$.

$$E_{C,\max} = \frac{1}{2} \times 1{,}00 \times 10^{-4} \times 300^2 = 0{,}5 \times 1{,}00 \times 10^{-4} \times 9{,}00 \times 10^4$$

$$E_{C,\max} = 4{,}5 \text{ J}$$

PIÈGE

Oublier le carré de la tension ou le facteur $\frac{1}{2}$, ou laisser la capacité en microfarads.

MÉTHODE

Sans calculatrice, écrire $300^2 = 9 \times 10^4$: les puissances de dix se simplifient avec 10^{-4} et il reste $0{,}5 \times 9 = 4{,}5$.

2.3.3 La charge ou la décharge est complète à $t = 5\tau$. Calculer la puissance moyenne mise en jeu lors de chaque phase. Quel est l'intérêt pratique de la différence constatée ? En déduire pourquoi la résistance r du tube éclair doit être petite.

Données utiles $\tau_{II} \approx 3$ s et $\tau_I \approx 0{,}1$ ms (2.2) ; $E_{C,\max} = 4{,}5$ J (2.3.2) ; $P = \dfrac{|\Delta E|}{\Delta t}$

Le sujet renvoie à un « paragraphe 2.2.2 » qui n'existe pas : il s'agit des valeurs de τ données à la question 2.2.

Dans les deux phases, l'énergie échangée est la même : $|\Delta E| = E_{C,\max} = 4{,}5$ J.

Première phase (charge) : $\Delta t_1 = 5\,\tau_{II} = 15$ s, donc $P_1 = \dfrac{4{,}5}{15} = 0{,}3$ W.

Seconde phase (décharge) : $\Delta t_2 = 5\,\tau_I = 0{,}5$ ms $= 5 \times 10^{-4}$ s, donc $P_2 = \dfrac{4{,}5}{5 \times 10^{-4}} = 9 \times 10^3$ W.

Intérêt : P_2 est 30 000 fois plus grande que P_1. Le condensateur accumule lentement l'énergie fournie par une pile de faible puissance, puis la restitue en un temps très bref : la lampe reçoit une puissance considérable et émet un éclair intense.

Rôle de r : $\Delta t_2 = 5\,rC$, donc $P_2 = \dfrac{E_{C,\max}}{5\,rC}$. À énergie et capacité fixées, plus r est petite, plus la décharge est brève et plus la puissance reçue par la lampe est grande.

$P_1 \approx 0{,}3$ W ; $P_2 \approx 9 \times 10^3$ W ; r doit être petite pour que la décharge soit brève, donc puissante.

PIÈGE
Diviser par τ au lieu de 5τ, ou laisser 0,5 ms en millisecondes : la puissance en watts exige une durée en secondes.

COMPRENDRE
Le condensateur ne crée pas d'énergie : il rend les 4,5 J reçus. C'est la durée de l'échange qui change, et avec elle la puissance.

2.4.1 Préciser le signe des charges portées par chacune des armatures du condensateur chargé. Indiquer, lors de chaque phase, si le courant circule dans la branche AB dans le sens positif choisi, en justifiant brièvement.

Signe des charges : le condensateur chargé présente $u_C = u_{AB} = +300$ V > 0. L'armature reliée à A, du côté de la borne $+$ du générateur, porte une charge positive $q_A = C\,u_C$; l'armature reliée à B porte la charge opposée $-q_A$, négative.

Première phase (charge) : le courant sort de la borne $+$ du générateur, traverse R et arrive en A, puis parcourt la branche de A vers B. Il circule dans le sens positif : $i > 0$, la charge q_A augmente.

Seconde phase (décharge) : la charge q_A diminue. Le courant quitte l'armature positive par A, traverse la lampe et revient par B. Dans la branche AB, il circule donc de B vers A, en sens inverse du sens positif : $i < 0$.

Armature A positive, armature B négative ; courant dans le sens positif pendant la charge, dans le sens opposé pendant la décharge.

COMPRENDRE
Vérification par le calcul : $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$. Sur la courbe II, u_C croît, donc $i > 0$; sur la courbe I, u_C décroît, donc $i < 0$.

2.4.2 Établir l'équation différentielle vérifiée par u_C lors de chacune des phases de fonctionnement.

Dans les deux phases, avec le sens positif choisi (de A vers B) : $q_A = C\,u_C$ et $i = \dfrac{\mathrm{d}q_A}{\mathrm{d}t}$, donc $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$.

Première phase (K_1 fermé, K_2 ouvert). Loi des mailles : $E = u_R + u_C$, avec $u_R = R\,i$ (loi d'Ohm).

$$E = RC\,\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + u_C \quad \text{soit} \quad \frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{u_C}{RC} = \frac{E}{RC}$$

Seconde phase (K_1 ouvert, K_2 fermé). Le condensateur et la résistance r sont branchés entre les mêmes points : la tension aux bornes de r est u_C. Le courant qui descend dans r est celui qui remonte la branche AB, d'intensité $-i$. Loi d'Ohm : $u_C = r \times (-i)$, soit $u_C + r\,i = 0$.

$$u_C + rC\,\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = 0 \quad \text{soit} \quad \frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{u_C}{rC} = 0$$

Charge : $\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \dfrac{u_C}{RC} = \dfrac{E}{RC}$; décharge : $\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \dfrac{u_C}{rC} = 0$

PIÈGE

À la décharge, le signe est décisif. Écrire $u_C = r\,i$ avec le sens positif du sujet donne $\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} - \dfrac{u_C}{rC} = 0$: une tension qui croîtrait sans fin.

COMPRENDRE

On retrouve les constantes de temps de la question 2.2 : $\tau_{\text{II}} = RC$ pour la charge, $\tau_{\text{I}} = rC$ pour la décharge. La valeur limite de la charge est $u_C = E = 300$ V.

Spécialité : Etude de différents sons

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

1 Quelles sont les deux fonctions que doit remplir un instrument de musique pour produire un son ? Nommer les parties du violon qui les remplissent.

Un instrument de musique doit **vibrer** (créer une vibration) et **émettre** (communiquer cette vibration à l'air pour qu'elle s'y propage).

Dans le violon, les **cordes**, excitées par l'archet, vibrent. La **table d'harmonie**, grande surface en contact avec l'air, émet le son ; le fond, relié à la table par l'âme, y participe.

Vibrer : les cordes. Émettre : la table d'harmonie (et le fond).

COMPRENDRE
Une corde seule déplace très peu d'air : on l'entend à peine. Le chevalet et l'âme ne font que transmettre la vibration aux surfaces qui rayonnent le son.

2.1.1 Deux des sons correspondent à la même note. Quelle est leur propriété physiologique commune ? Nommer la grandeur physique associée.

Deux sons qui correspondent à la même note ont la même **hauteur**.

Propriété commune : la hauteur ; grandeur physique associée : la **fréquence du fondamental** (fréquence du son).

COMPRENDRE
Hauteur, timbre et harmoniques ne figurent plus au programme actuel de spécialité de Terminale. La mesure d'une période et le calcul d'une fréquence restent, eux, indispensables.

2.1.2 Identifier les documents correspondant à ces deux sons et mesurer la grandeur physique commune.

Données utiles documents 1 à 4 : enregistrements sur une durée de $0{,}015$ s

Les signaux des documents **1 et 3** ont la même période : chacun présente exactement 2 motifs en $0{,}015$ s (ceux des documents 2 et 4 se répètent plus vite).

$2T = 0{,}015$ s, donc $T = 0{,}0075$ s $= 7{,}5 \times 10^{-3}$ s.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{7{,}5 \times 10^{-3}} = \frac{1000}{7{,}5} = \frac{400}{3} \approx 133 \text{ Hz}$$

Sons 1 et 3 : $T = 7{,}5 \times 10^{-3}$ s et $f \approx 1{,}3 \times 10^{2}$ Hz

COMPRENDRE
La période est lue sur un graphique avec deux chiffres significatifs : la fréquence n'en garde que deux, soit $1{,}3 \times 10^{2}$ Hz.

MÉTHODE
Mesurer la durée de plusieurs périodes puis diviser : la lecture est plus précise. Sans calculatrice, transformer la division en fraction simple : $1000 \div 7{,}5 = 4000 \div 30$.

2.1.3 Ces deux sons sont-ils obtenus avec le même instrument ? Pourquoi ? Quelle propriété physiologique est mise en jeu ?

Non. Les deux signaux ont la même période mais pas la même **forme** : le motif qui se répète est différent sur les documents 1 et 3.

Les instruments sont différents : les deux sons n'ont pas le même **timbre**.

COMPRENDRE
Le timbre dépend du nombre et de l'amplitude relative des harmoniques : c'est lui qui permet de distinguer deux instruments jouant la même note.

2.2.1 Pour chacun des deux spectres, déterminer la fréquence fondamentale et les fréquences des harmoniques. Quel est le rapport entre ces fréquences et celle du fondamental ?

Données utiles documents 5 et 6 ; graduation de l'axe : 100 Hz

Le fondamental est le pic de plus basse fréquence.

Document 5 : $f_1 \approx 2{,}6 \times 10^2$ Hz ; harmoniques à $5{,}2 \times 10^2$ Hz, $7{,}8 \times 10^2$ Hz et $1{,}04 \times 10^3$ Hz.

Document 6 : $f_1 \approx 1{,}3 \times 10^2$ Hz ; harmoniques à $2{,}6 \times 10^2$ Hz, $3{,}9 \times 10^2$ Hz, $5{,}2 \times 10^2$ Hz et $6{,}5 \times 10^2$ Hz.

Dans les deux cas, ces fréquences valent 2, 3, 4… fois celle du fondamental.

$f_n = n \times f_1$ avec n entier : le rapport $\dfrac{f_n}{f_1}$ est un nombre entier.

PIÈGE
Prendre pour fondamental le pic le plus haut. Sur le document 6, le pic le plus haut est l'harmonique de rang 2 ; le fondamental est le premier pic, à 130 Hz.

2.2.2 Attribuer chaque spectre de fréquence (documents 5 et 6) au son correspondant (son 1 ou son 2).

Données utiles $f \approx 1{,}3 \times 10^2$ Hz pour le son 1 (2.1.2) ; fondamentaux des spectres (2.2.1)

Le son 1 a pour fréquence $1{,}3 \times 10^2$ Hz : son spectre est celui dont le fondamental est à 130 Hz, le document 6. Le document 5 revient donc au son 2.

Vérification : le document 2 montre environ 4 périodes en $0{,}015$ s, soit $T \approx 3{,}8 \times 10^{-3}$ s et $f = \dfrac{4}{0{,}015} \approx 2{,}7 \times 10^2$ Hz, proche de 260 Hz.

Document 6 : son 1. Document 5 : son 2.

COMPRENDRE
La fréquence d'un son périodique est celle de son fondamental : la période lue sur l'enregistrement et le premier pic du spectre donnent la même information.

2.3.1 En utilisant le spectre du son n°4 (document 7), déterminer sa fréquence fondamentale f.

Le premier pic du document 7 se trouve à 200 Hz (les suivants sont à 600 Hz et 1000 Hz).

$f = 200$ Hz

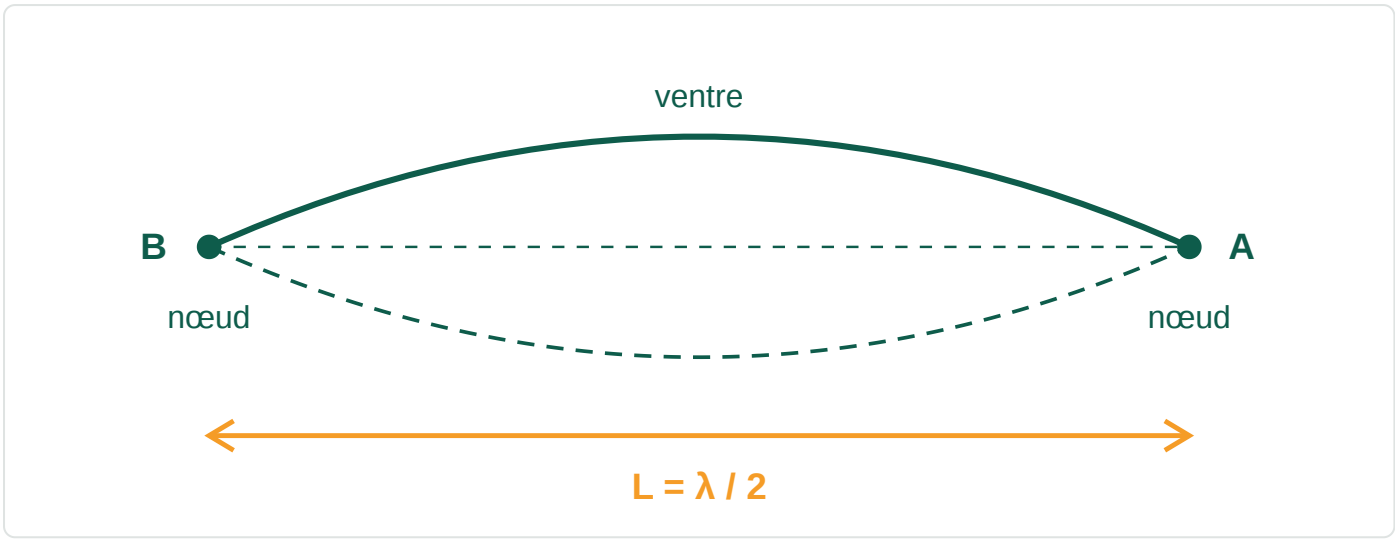
COMPRENDRE
Cohérent avec le document 4 : 3 périodes en $0{,}015$ s, donc $T = 5 \times 10^{-3}$ s et $f = 200$ Hz. Ce son ne contient que les harmoniques de rang impair (3 et 5).

2.3.2 Exprimer L en fonction de λ pour que l'onde stationnaire correspondant à la fréquence fondamentale puisse s'établir.

Les extrémités A et B sont fixes : ce sont deux nœuds de vibration. Deux nœuds voisins sont distants de $\dfrac{\lambda}{2}$, donc une onde stationnaire s'établit si $L = n\,\dfrac{\lambda}{2}$ (n entier).

Pour le mode fondamental, la corde vibre en un seul fuseau : $n = 1$.

$L = \dfrac{\lambda}{2}$



2.3.2 · Mode fondamental : un seul fuseau entre les deux points fixes

2.3.3 Rappeler la relation entre la célérité v, la fréquence f d'une onde sinusoïdale et la longueur d'onde λ.

La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant une période $T = \dfrac{1}{f}$: $\lambda = v\,T$.

$\lambda = \dfrac{v}{f}$, soit $v = \lambda\,f$

COMPRENDRE
Unités : v en $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$, λ en m et f en Hz.

2.3.4 Exprimer puis calculer la valeur de la tension de la corde AB pour qu'elle émette le son étudié.

Données utiles $\mu = 7{,}5 \times 10^{-4}\ \mathrm{kg \cdot m^{-1}}$; $L = 50\ \mathrm{cm} = 0{,}50\ \mathrm{m}$; $f = 200\ \mathrm{Hz}$ (2.3.1) ; $v = \sqrt{\dfrac{F}{\mu}}$

$v = \sqrt{\dfrac{F}{\mu}}$ donne $F = \mu\,v^2$.

Or $v = \lambda\,f$ (2.3.3) et $\lambda = 2L$ (2.3.2), donc $v = 2L\,f$ et

$$F = 4\,\mu\,L^2 f^2$$

$F = 4 \times 7{,}5 \times 10^{-4} \times 0{,}50^2 \times 200^2 = 4 \times 7{,}5 \times 10^{-4} \times 0{,}25 \times 4{,}0 \times 10^4$

Comme $4 \times 0{,}25 = 1$: $F = 7{,}5 \times 4{,}0 = 30$ N.

$F = 4\,\mu\,L^2 f^2 = 30$ N

PIÈGE
Laisser L en centimètres, ou oublier d'élever au carré le facteur 2 de $\lambda = 2L$: on trouverait une tension quatre fois trop faible.

MÉTHODE
Sans calculatrice, écrire chaque facteur avec sa puissance de dix, puis regrouper : ici $10^{-4} \times 10^4 = 1$ et $4 \times 0{,}25 = 1$. La célérité vaut $v = 2 \times 0{,}50 \times 200 = 200\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

2.3.5 Si on diminue la tension de la corde, le son émis devient-il plus grave ou plus aigu ? Justifier.

D'après 2.3.4, $F = 4\,\mu\,L^2 f^2$, soit $f = \dfrac{1}{2L}\sqrt{\dfrac{F}{\mu}}$.

L et μ ne changent pas : f est proportionnelle à $\sqrt{F}$. Si F diminue, f diminue.

La fréquence diminue : le son devient plus **grave**.

COMPRENDRE
C'est ainsi qu'on accorde un instrument à cordes : tourner la clef modifie la tension, donc la hauteur. Pour doubler la fréquence, il faut multiplier la tension par quatre.