Corrigé complet — Bac S 2010 Polynésie rattrapage (ancien programme)

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

Ex 1	**Spécialité : L'art d'observer avec deux lentilles** Lentille mince convergente · Relation de conjugaison · Grandissement · Grossissement d'une loupe · Microscope · Lunette astronomique afocale	4 pts	52 min	11 questions	p. 2
Ex 2	**L'huile dans l'eau, ça fait des vagues** Poussée d'Archimède · Deuxième loi de Newton · Chute libre verticale · Célérité d'une onde · Longueur d'onde et fréquence · Diffraction	4 pts	52 min	11 questions	p. 6
Ex 3	**L'aspirine ne soigne pas que la douleur** Groupes caractéristiques · Synthèse d'un ester · Chauffage à reflux · Rendement d'une synthèse · Titrage acido-basique · Contrôle de pureté	6 pts	1 h 18	13 questions	p. 10
Ex 4	**Le super condensateur prêt à sortir de l'ombre** Loi d'Ohm · Charge et capacité d'un condensateur · Circuit RC et constante de temps · Équation différentielle du premier ordre · Oscillations d'un circuit (R, L, C) · Pseudo-période	6 pts	1 h 18	13 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.

Spécialité : L'art d'observer avec deux lentilles

Bac S 2010 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 1 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Que représentent, d'un point de vue optique, les distances d_1 et d_2 ?

Données utiles $d_1 = 7{,}0$ cm ; $d_2 = 3{,}5$ cm ; l'œil n'accommode pas lorsqu'il regarde à l'infini

L'œil n'accommode pas : l'image donnée par chaque loupe est à l'infini. L'objet (la sauterelle) se trouve donc dans le plan focal objet de la lentille.

d_1 et d_2 sont les distances focales des deux loupes : $f'_1 = d_1 = 7{,}0$ cm et $f'_2 = d_2 = 3{,}5$ cm.

COMPRENDRE
Un objet placé au foyer objet d'une lentille convergente donne des rayons émergents parallèles : l'image est rejetée à l'infini et l'œil l'observe sans fatigue.

1.2 Calculer les grossissements G_1 et G_2 des deux loupes. Avec laquelle la sauterelle est-elle vue plus grosse ?

Données utiles $G = \dfrac{1}{4\,f'}$; $f'_1 = 7{,}0$ cm ; $f'_2 = 3{,}5$ cm (1.1)

Dans cette relation, f' s'exprime en mètres.

$$G_1 = \frac{1}{4\,f'_1} = \frac{1}{4 \times 7{,}0 \times 10^{-2}} = 3{,}6$$

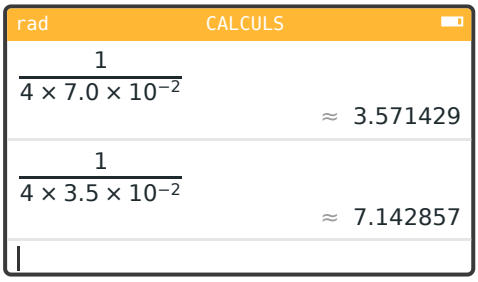
$$G_2 = \frac{1}{4\,f'_2} = \frac{1}{4 \times 3{,}5 \times 10^{-2}} = 7{,}1$$

$G_1 = 3{,}6$ et $G_2 = 7{,}1$: $G_2 > G_1$, la sauterelle est vue plus grosse avec la loupe du compte-fils.

PIÈGE
Laisser f' en centimètres donne $G_1 = 0{,}036$: un grossissement de loupe inférieur à 1 doit alerter. Le « 4 » cache une distance de $0{,}25$ m, d'où le mètre.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme d_1 et d_2. Plus la distance focale est courte, plus la loupe grossit : diviser f' par deux double G.

À LA CALCULATRICE



2.1.1 Quel instrument d'optique les deux enfants ont-ils construit ?

Deux lentilles convergentes associées pour observer, fortement agrandi, un petit objet très proche de la première lentille :

Les enfants ont construit un microscope.

2.1.2 Comment appelle-t-on chacune des deux lentilles dans cet instrument ?

La lentille placée du côté de l'objet, ici celle du compte-fils (L_2), est l'objectif.

La lentille placée du côté de l'œil, ici celle du gobelet (L_1), est l'oculaire.

L_2 (compte-fils) : objectif ; L_1 (gobelet) : oculaire.

MÉTHODE
Objectif du côté de l'objet, oculaire du côté de l'œil : ce vocabulaire vaut pour le microscope comme pour la lunette.

2.2 Calculer la position de l'image intermédiaire donnée par la lentille la plus proche de l'objet.

Données utiles $D = 4{,}0$ cm ; $f'_2 = 3{,}5$ cm (1.1) ; $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$

L'objectif est L_2, de centre O_2. L'objet est avant la lentille : $\overline{O_2A} = -D = -4{,}0$ cm, et $\overline{O_2F'_2} = +3{,}5$ cm.

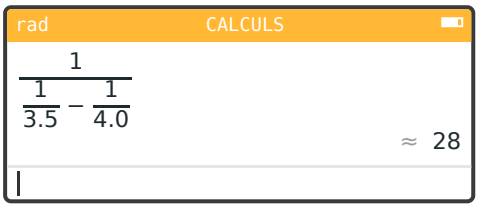
$$\frac{1}{\overline{O_2A'}} = \frac{1}{\overline{O_2F'_2}} + \frac{1}{\overline{O_2A}} = \frac{1}{3{,}5} - \frac{1}{4{,}0}$$

$\overline{O_2A'} = 28$ cm : l'image intermédiaire se forme 28 cm après la lentille du compte-fils.

PIÈGE
Oublier le signe de $\overline{O_2A}$: avec $+4{,}0$ cm on trouve $1{,}9$ cm, résultat faux. Une grandeur algébrique est négative quand le point est avant la lentille.

COMPRENDRE
$\overline{O_2A'} > 0$: l'image est réelle, après la lentille. L'objet est juste avant le foyer objet ($4{,}0$ cm pour $3{,}5$ cm), d'où une image lointaine et très agrandie.

À LA CALCULATRICE



2.3 Construire sur l'annexe, à l'échelle 1/2 horizontalement et 1 verticalement, la situation optique créée par les enfants, l'image définitive étant à l'infini.

Données utiles $AB = 1$ cm ; $D = 4{,}0$ cm ; $f'_2 = 3{,}5$ cm ; $f'_1 = 7{,}0$ cm ; $\overline{O_2A'} = 28$ cm (2.2)

Distances tracées sur l'axe (échelle 1/2) : $O_2A = 2{,}0$ cm ; $O_2F'_2 = 1{,}75$ cm ; $O_2A' = 14$ cm.

Deux rayons issus de B : celui qui passe par O_2 n'est pas dévié ; celui qui arrive parallèle à l'axe ressort en passant par F'_2. Ils se coupent en B', à la verticale de A' : l'image $A'B'$ est renversée et mesure 7 cm.

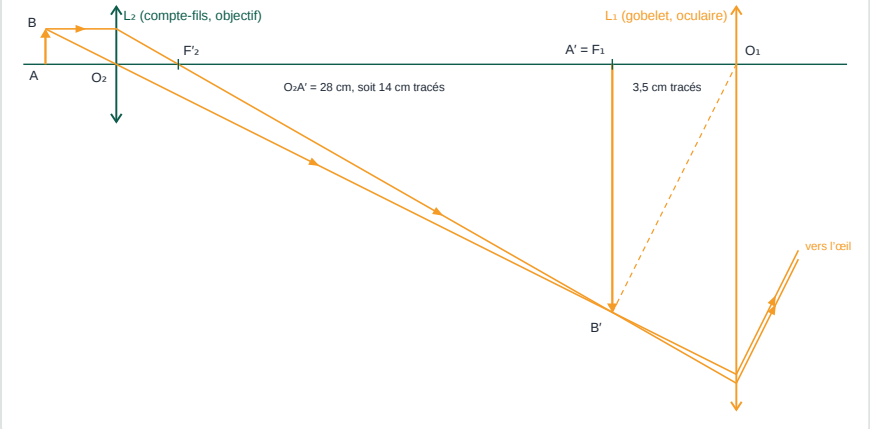
L'image définitive est à l'infini : $A'B'$ est dans le plan focal objet de l'oculaire L_1, donc $A' = F_1$. On place O_1 à 7,0 cm après A', soit 3,5 cm tracés.

Les rayons issus de B' ressortent de L_1 parallèles à la droite $(B'O_1)$.

Voir l'annexe complétée : $A'B'$ à 14 cm de O_2 sur le dessin, L_1 placée 3,5 cm plus loin, faisceau émergent parallèle.

PIÈGE
L'échelle 1/2 ne concerne que l'axe horizontal. L'image mesure 7 cm en vraie grandeur sous l'axe : prévoir la place et tracer L_1 assez longue pour recevoir les rayons.

MÉTHODE
Pour tracer un rayon émergent quelconque de l'oculaire, on trace en pointillés la droite $(B'O_1)$, non déviée : tous les rayons issus de B' sortent parallèles à elle.



2.3 · Annexe complétée : échelle 1/2 horizontalement, échelle 1 verticalement (en orange, ce que l'élève trace)

2.4 Calculer le grossissement $G = \gamma \cdot G'$ de l'instrument et justifier que les enfants voient la sauterelle beaucoup plus grosse.

Données utiles $\overline{O_2A} = -4{,}0$ cm ; $\overline{O_2A'} = 28$ cm (2.2) ; $f'_1 = 7{,}0$ cm

Grandissement de l'objectif : $\gamma = \dfrac{\overline{O_2A'}}{\overline{O_2A}} = \dfrac{28}{-4{,}0} = -7{,}0$

La seconde lentille est la loupe du gobelet : $G' = G_1 = \dfrac{1}{4\,f'_1}$.

$$G = \gamma \cdot G' = -7{,}0 \times \frac{1}{4 \times 7{,}0 \times 10^{-2}} = -25$$

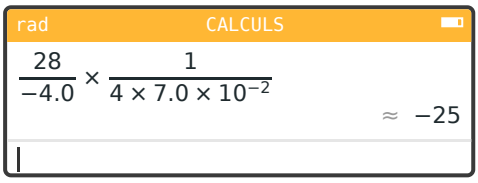
Le signe « $-$ » traduit une image renversée. En valeur absolue, 25 est très supérieur à $G_1 = 3{,}6$ et à $G_2 = 7{,}1$.

$|G| = 25$: la sauterelle est vue sous un angle 25 fois plus grand qu'à l'œil nu, bien plus qu'avec une seule loupe.

PIÈGE
Prendre $G' = G_2$: la lentille du compte-fils sert ici d'objectif, c'est celle du gobelet qui joue le rôle de loupe. Calculer avec G_1 non arrondi.

COMPRENDRE
L'objectif fabrique une image 7 fois plus grande que l'objet, puis l'oculaire sert de loupe pour regarder cette image : les deux effets se multiplient.

À LA CALCULATRICE



3.1 Quel instrument d'optique connu la fillette vient-elle de construire ?

Deux lentilles convergentes pour observer un objet très éloigné, vu renversé et plus gros :

Anne-Claire a construit une lunette astronomique.

COMPRENDRE
L'objectif est maintenant la lentille du gobelet L_1 (grande distance focale), l'oculaire celle du compte-fils L_2. La lunette afocale figure toujours au programme actuel de spécialité.

3.2 Où se forme l'image intermédiaire, l'antenne étant très éloignée ? Justifier à l'aide de la formule de conjugaison.

Données utiles $f'_1 = 7{,}0$ cm (1.1)

Pour l'objectif L_1 : $\dfrac{1}{\overline{O_1A'}} - \dfrac{1}{\overline{O_1A}} = \dfrac{1}{\overline{O_1F'_1}}$

L'antenne est très éloignée : $\overline{O_1A} \to -\infty$, donc $\dfrac{1}{\overline{O_1A}} \to 0$. Il reste $\overline{O_1A'} = \overline{O_1F'_1}$.

A' est confondu avec F'_1 : l'image intermédiaire se forme à 7,0 cm après L_1, dans le plan focal image de l'objectif.

3.3 D'après la construction fournie, où se situe le foyer objet de la lentille L_2 ?

Sur la construction, les rayons sortent de L_2 parallèles entre eux : l'image définitive est à l'infini. L'image intermédiaire $A'B'$ est donc dans le plan focal objet de L_2. Or elle est aussi dans le plan focal image de L_1 (3.2).

Le foyer objet F_2 de L_2 est confondu avec le foyer image F'_1 de L_1.

COMPRENDRE
Une lunette ainsi réglée est dite afocale : un faisceau parallèle en entrée ressort parallèle. Les centres des lentilles sont alors distants de $f'_1 + f'_2$.

3.4 Démontrer que le grossissement de cet instrument est $G = \dfrac{f_1'}{f_2'}$, puis faire l'application numérique.

Données utiles $f_1' = 7{,}0$ cm (objectif) ; $f_2' = 3{,}5$ cm (oculaire)

Par définition, $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$: α est l'angle sous lequel l'antenne est vue à l'œil nu, α' l'angle sous lequel on voit son image à travers la lunette.

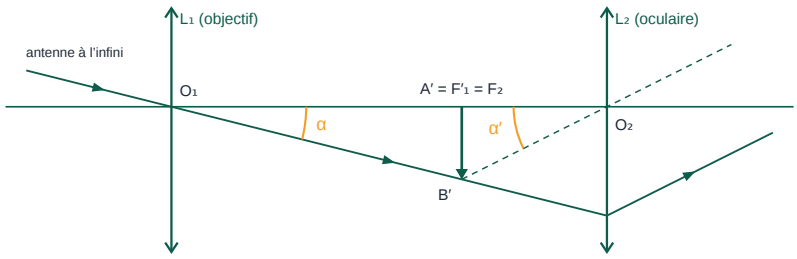
Triangle $O_1A'B'$, rectangle en A' avec $A' = F_1'$: $\tan\alpha = \dfrac{A'B'}{f_1'}$

Triangle $O_2A'B'$, rectangle en A' avec $A' = F_2$: $\tan\alpha' = \dfrac{A'B'}{f_2'}$

Les angles sont petits : en radians, $\tan\alpha \approx \alpha$ et $\tan\alpha' \approx \alpha'$.

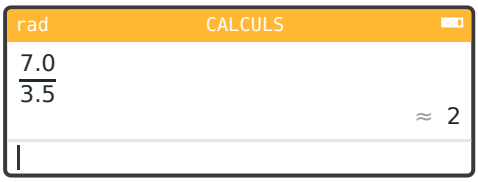
$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{A'B'}{f_2'} \times \frac{f_1'}{A'B'} = \frac{f_1'}{f_2'}$$

$$G = \frac{f_1'}{f_2'} = \frac{7{,}0}{3{,}5} = 2{,}0$$



3.4 · Schéma du sujet, avec les angles α et α′

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Inverser le rapport : l'objectif est au numérateur. Avec f_2'/f_1' on trouverait $0{,}50$, soit une antenne vue plus petite, contraire à l'observation.

MÉTHODE
Repérer les deux triangles rectangles qui ont $A'B'$ pour côté commun, écrire les deux tangentes, puis faire le rapport : $A'B'$ se simplifie.

L'huile dans l'eau, ça fait des vagues

Bac S 2010 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Faire le bilan des forces agissant sur la goutte d'huile en mouvement dans l'air et calculer leurs valeurs.

Données utiles $\rho_H = 800\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; $\rho = 1{,}30\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (air) ; $V = 0{,}50\ \text{mL}$; $g = 10\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

Système {goutte d'huile}, référentiel terrestre supposé galiléen. Les frottements étant négligés, il reste deux forces verticales :

- le poids $\vec{P}$, vers le bas, de valeur $P = m\,g = \rho_H\,V\,g$;
- la poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$ exercée par l'air, vers le haut, de valeur $\Pi = \rho\,V\,g$.

Volume en unité SI : $V = 0{,}50\ \text{mL} = 0{,}50 \times 10^{-6}\ \text{m}^3$.

$P = 800 \times 0{,}50 \times 10^{-6} \times 10 = 4{,}0 \times 10^{-3}\ \text{N}$

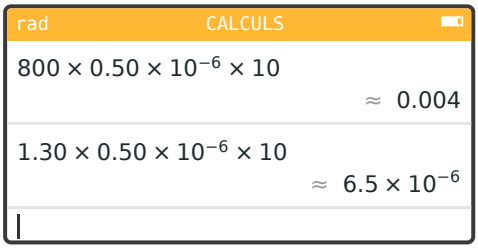
$\Pi = 1{,}30 \times 0{,}50 \times 10^{-6} \times 10 = 6{,}5 \times 10^{-6}\ \text{N}$

$P = 4{,}0 \times 10^{-3}\ \text{N}$ et $\Pi = 6{,}5 \times 10^{-6}\ \text{N}$

PIÈGE
Laisser le volume en mL. Les masses volumiques sont en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$: il faut $1\ \text{mL} = 10^{-6}\ \text{m}^3$.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme V et g. La poussée d'Archimède se calcule avec la masse volumique du fluide déplacé, ici l'air, et non celle de l'huile.

À LA CALCULATRICE



1.2 Montrer que l'on peut négliger une force par rapport à l'autre et indiquer laquelle.

Données utiles $\rho_H = 800\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; $\rho = 1{,}30\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$

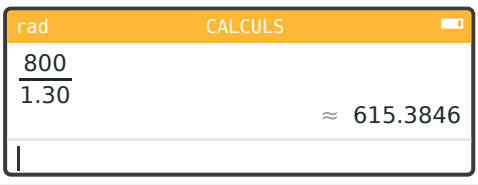
On compare les deux valeurs par leur rapport :

$$\frac{P}{\Pi} = \frac{\rho_H\,V\,g}{\rho\,V\,g} = \frac{\rho_H}{\rho} = \frac{800}{1{,}30} \approx 6{,}2 \times 10^2$$

Le poids est environ 600 fois plus grand que la poussée d'Archimède : on néglige la **poussée d'Archimède** devant le poids.

MÉTHODE
Pour justifier qu'une grandeur est négligeable devant une autre, calculer leur rapport : au-delà d'un facteur 100, l'approximation est acceptée.

À LA CALCULATRICE



1.3 En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer la valeur de l'accélération de la goutte et établir l'équation horaire de son mouvement sur l'axe Z'Z d'origine O.

Données utiles $g = 10\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; à $t = 0$: goutte en O, vitesse nulle

La goutte, de masse m constante, n'est soumise qu'à son poids (chute libre). Deuxième loi de Newton :

$$\vec{P} = m\,\vec{a} \quad \Rightarrow \quad m\,\vec{g} = m\,\vec{a} \quad \Rightarrow \quad \vec{a} = \vec{g}$$

L'axe Z'Z est vertical, orienté vers le bas : $a_Z = g = 10\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Comme $a_Z = \dfrac{\mathrm{d}v_Z}{\mathrm{d}t}$, on obtient par primitive $v_Z(t) = g\,t + C_1$. La goutte est lâchée sans vitesse : $v_Z(0) = 0$, donc $C_1 = 0$ et $v_Z(t) = g\,t$.

Comme $v_Z = \dfrac{\mathrm{d}Z}{\mathrm{d}t}$, on obtient $Z(t) = \dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + C_2$. La goutte part de O : $Z(0) = 0$, donc $C_2 = 0$.

$a = g = 10\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ et $Z(t) = \dfrac{1}{2}\,g\,t^2$, soit $Z(t) = 5{,}0\,t^2$ (Z en m, t en s)

PIÈGE
Oublier de justifier les constantes d'intégration par les conditions initiales, ou écrire $a_Z = -g$: l'axe du sujet pointe vers le bas.

COMPRENDRE
La masse se simplifie : dans une chute libre, l'accélération ne dépend pas de l'objet.

1.4 Utiliser cette équation horaire pour calculer la vitesse de la goutte d'huile lorsqu'elle frappe la surface de l'eau.

Données utiles $H = 1{,}0\ \text{m}$; $g = 10\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$; $Z(t) = \frac{1}{2}\,g\,t^2$ et $v_Z(t) = g\,t$ (1.3)

La goutte touche l'eau à la date t_e telle que $Z(t_e) = H$:

$$\frac{1}{2}\,g\,t_e^2 = H \quad \Rightarrow \quad t_e = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (t_e > 0)$$

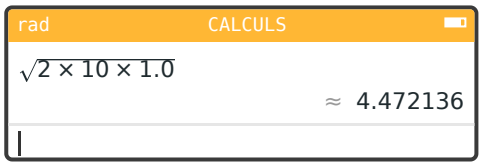
La vitesse vaut alors $v_Z(t_e) = g\,t_e = g\sqrt{\dfrac{2H}{g}} = \sqrt{2\,g\,H}$.

$$v = \sqrt{2 \times 10 \times 1{,}0} = 4{,}5\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$v = \sqrt{2\,g\,H} = 4{,}5\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

COMPRENDRE
La durée de chute vaut $t_e = 0{,}45$ s. Garder l'expression littérale $\sqrt{2gH}$ évite de réutiliser une valeur arrondie de t_e.

À LA CALCULATRICE



2.1 Qu'appelle-t-on « onde » ?

Une onde est la propagation d'une perturbation, de proche en proche, **sans transport de matière** mais **avec transport d'énergie**.

PIÈGE
Oublier « sans transport de matière » : c'est le mot attendu. L'eau monte et descend sur place, seule la déformation avance.

2.2 Les ondes qui apparaissent sur la surface de l'eau sont-elles transversales ou longitudinales ? Justifier.

Chaque point de la surface se déplace verticalement, alors que l'onde se propage horizontalement, le long de la surface.

La perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation : l'onde est **transversale**.

COMPRENDRE
Une onde est longitudinale quand la perturbation est parallèle à la direction de propagation, comme le son dans l'air.

2.3 À l'aide des données expérimentales, calculer la vitesse de propagation des ondes à la surface de l'eau.

Données utiles film à 10 images par seconde ; image n°1 à $t_0 = 0$ s ; règle de 30 cm

Durée : deux images successives sont séparées de $\frac{1}{10} = 0{,}10$ s. De l'image n°1 à l'image n°5, il y a 4 intervalles : $\Delta t = 4 \times 0{,}10 = 0{,}40$ s.

Distance : sur l'image n°5, le diamètre du front d'onde mesure 1,05 fois la longueur de la règle, soit $1{,}05 \times 30 = 31{,}5$ cm. L'onde est partie du centre : elle a parcouru le rayon $d = \frac{31{,}5}{2} \approx 15{,}8$ cm $= 0{,}158$ m.

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \frac{0{,}158}{0{,}40} = 0{,}39 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

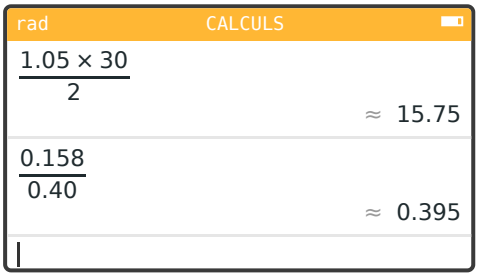
$v \approx 0{,}39 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (environ $0{,}4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, selon la précision des mesures)

PIÈGE
Compter 5 intervalles pour l'image n°5 (il y en a 4), ou prendre le diamètre du cercle comme distance parcourue.

COMPRENDRE
Vérification avec l'image n°3 : rayon voisin de 7,5 cm en 0,20 s, soit la même vitesse. La valeur est cohérente avec celle de la question 3.2.

MÉTHODE
Mesurer à la règle sur le document, puis convertir avec l'échelle donnée par la règle de 30 cm. Le diamètre se mesure mieux que le rayon ; on divise ensuite par deux.

À LA CALCULATRICE



3.1 Déterminer la distance entre les différents cercles noirs. Que représente-t-elle ?

Données utiles règle de 30 cm sur le document

Pour gagner en précision, on mesure plusieurs intervalles à la fois. Entre le plus petit et le plus grand cercle, il y a 2 intervalles ; cet écart mesure 0,535 fois la longueur de la règle :

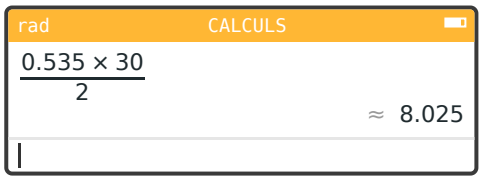
$$2D = 0{,}535 \times 30 = 16 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad D = 8{,}0 \text{ cm}$$

Les gouttes tombent à intervalles de temps réguliers : l'onde est périodique. La distance entre deux fronts d'onde consécutifs est la distance parcourue par l'onde pendant une période.

$D = \lambda \approx 8$ cm : c'est la **longueur d'onde** (une valeur entre 7,5 et 8 cm est acceptable).

MÉTHODE
Mesurer plusieurs longueurs d'onde d'un coup puis diviser : l'erreur de lecture est répartie sur tous les intervalles.

À LA CALCULATRICE



3.2 En considérant la vitesse de propagation donnée, calculer la fréquence à laquelle les gouttes d'huile tombent à la surface de l'eau.

Données utiles $V = 0{,}38 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $\lambda = 8{,}0$ cm (3.1)

La longueur d'onde, la célérité et la fréquence sont liées par $\lambda = \frac{V}{f}$, donc $f = \frac{V}{\lambda}$ avec $\lambda = 8{,}0 \times 10^{-2}$ m.

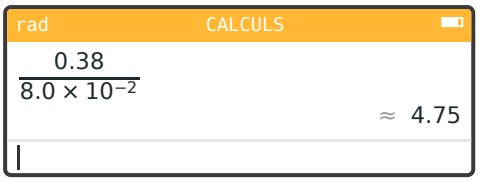
$$f = \frac{0{,}38}{8{,}0 \times 10^{-2}} = 4{,}8 \text{ Hz}$$

$f \approx 4{,}8$ Hz : il tombe environ 5 gouttes par seconde.

PIÈGE
Laisser λ en centimètres avec V en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$: la fréquence serait cent fois trop petite.

COMPRENDRE
La fréquence de l'onde est celle de la source : chaque goutte crée un front d'onde. Le symbole V désigne ici la célérité, alors qu'il désignait le volume de la goutte au début.

À LA CALCULATRICE



3.3 On interpose un obstacle présentant une ouverture de 3 cm de large. Quel phénomène va-t-on observer ? Pourquoi ?

Données utiles ouverture $a = 3$ cm ; $\lambda \approx 8$ cm (3.1)

La largeur de l'ouverture, $a = 3$ cm, est inférieure à la longueur d'onde $\lambda \approx 8$ cm (elle est du même ordre de grandeur).

On observe la **diffraction** de l'onde : après l'ouverture, elle se propage dans toutes les directions, car $a < \lambda$.

COMPRENDRE
La diffraction est d'autant plus marquée que l'ouverture est petite devant la longueur d'onde. Avec une ouverture très large devant λ, l'onde passerait sans s'étaler.

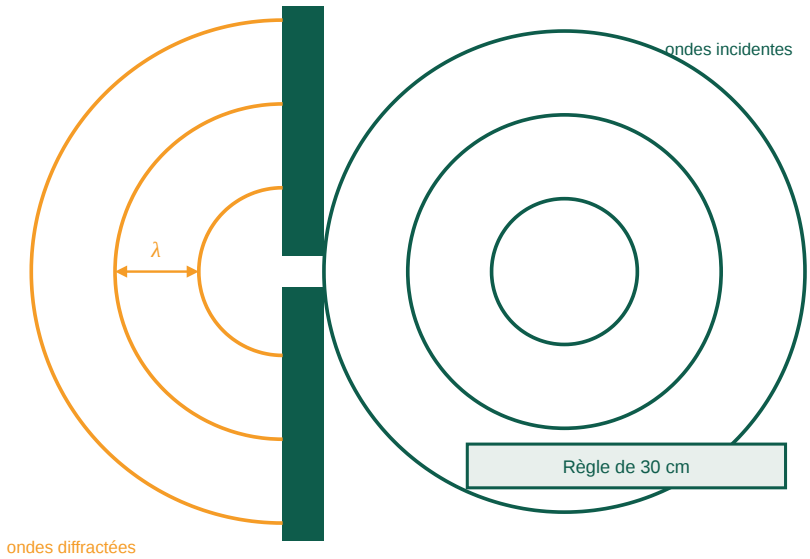
3.4 Dessiner sur l'annexe la forme des ondes obtenues.

Derrière l'obstacle, l'ouverture se comporte comme une source ponctuelle : les fronts d'onde sont des demi-cercles centrés sur l'ouverture.

La diffraction ne change ni la fréquence ni la célérité : l'écart entre deux demi-cercles reste égal à λ, comme entre les cercles incidents.

Demi-cercles centrés sur l'ouverture, espacés de la même longueur d'onde λ (tracé orange).

PIÈGE
Dessiner des fronts d'onde plus serrés ou plus écartés après l'ouverture, ou limiter l'onde à un faisceau étroit en face de l'ouverture.



3.4 · Annexe complétée : ondes diffractées par l'ouverture

L'aspirine ne soigne pas que la douleur

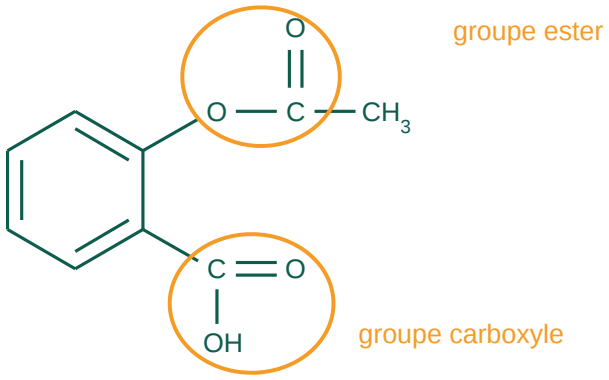
Bac S 2010 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 3 **6 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1 Recopier la formule semi-développée de l'aspirine, entourer et nommer ses deux groupes caractéristiques.

Voir la formule ci-dessous : le groupe $-O-CO-CH_3$ fixé sur le cycle est entouré, ainsi que le groupe $-COOH$.

Groupe **ester** ($-CO-O^-$) et groupe **carboxyle** ($-COOH$, fonction acide carboxylique).

PIÈGE
Entourer seulement $C=O$ ne suffit pas : l'ester comprend aussi l'atome d'oxygène lié au cycle, et le carboxyle comprend le OH. Le cycle benzénique n'est pas un groupe demandé ici.



1.1 · Formule de l'aspirine : les deux groupes caractéristiques entourés

1.2 Déterminer la masse molaire de l'anhydride éthanoïque.

Données utiles $M(H) = 1$; $M(C) = 12$; $M(O) = 16\ g \cdot mol^{-1}$

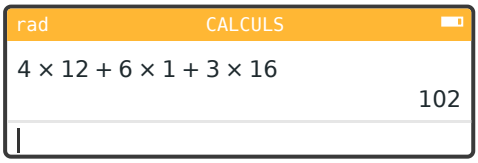
D'après sa formule, l'anhydride éthanoïque $(CH_3CO)_2O$ a pour formule brute $C_4H_6O_3$.

$$M = 4\,M(C) + 6\,M(H) + 3\,M(O) = 4 \times 12 + 6 \times 1 + 3 \times 16$$

$$M(C_4H_6O_3) = 102\ g \cdot mol^{-1}$$

MÉTHODE
Compter les atomes groupe par groupe sur la formule : deux CH_3 (2 C, 6 H), deux $C=O$ (2 C, 2 O) et l'oxygène central, puis vérifier le total.

À LA CALCULATRICE



1.3 Écrire l'équation de la réaction, vive et totale, de l'anhydride éthanoïque avec l'eau, qui donne de l'acide éthanoïque.

Une molécule d'anhydride et une molécule d'eau donnent deux molécules d'acide éthanoïque :

$$(CH_3CO)_2O + H_2O \longrightarrow 2\,CH_3COOH$$

COMPRENDRE
La transformation est totale : on peut écrire une flèche simple. Vérification : 4 C, 8 H et 4 O de chaque côté.

2.1.1 Écrire les équations des deux réactions donnant l'aspirine à partir de l'acide salicylique : avec l'anhydride éthanoïque, puis avec l'acide éthanoïque.

Dans les deux cas, c'est le groupe hydroxyle $-OH$ de l'acide salicylique, noté $HO-C_6H_4-COOH$, qui est transformé en groupe ester.

Réaction (1), avec l'anhydride éthanoïque :

$$HO-C_6H_4-COOH + (CH_3CO)_2O \longrightarrow CH_3COO-C_6H_4-COOH + CH_3COOH$$

Réaction (2), avec l'acide éthanoïque :

$$HO-C_6H_4-COOH + CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO-C_6H_4-COOH + H_2O$$

(1) forme de l'aspirine et de l'acide éthanoïque ; (2) forme de l'aspirine et de l'eau.

PIÈGE
Ne pas faire réagir le groupe carboxyle de l'acide salicylique : il reste intact dans l'aspirine. Avec l'anhydride, le second produit est l'acide éthanoïque, pas l'eau.

2.1.2 Quelle transformation permet d'atteindre l'avancement maximal ? Pourquoi ?

La réaction (2) est une estérification : elle est limitée par la réaction inverse, l'hydrolyse de l'ester par l'eau formée.

La réaction (1) ne produit pas d'eau : l'aspirine formée ne peut pas être hydrolysée, la transformation est totale.

C'est la transformation (1), avec l'anhydride éthanoïque, qui atteint l'avancement maximal.

COMPRENDRE
Remplacer l'acide carboxylique par son anhydride est un moyen classique d'optimiser le rendement d'une synthèse d'ester.

2.1.3 Quelles précautions doit-on prendre pour utiliser l'un au moins des réactifs ?

Les pictogrammes du flacon indiquent que l'anhydride éthanoïque est corrosif.

On le manipule avec des lunettes, des gants et une blouse, sous la hotte aspirante, et à l'abri de l'eau.

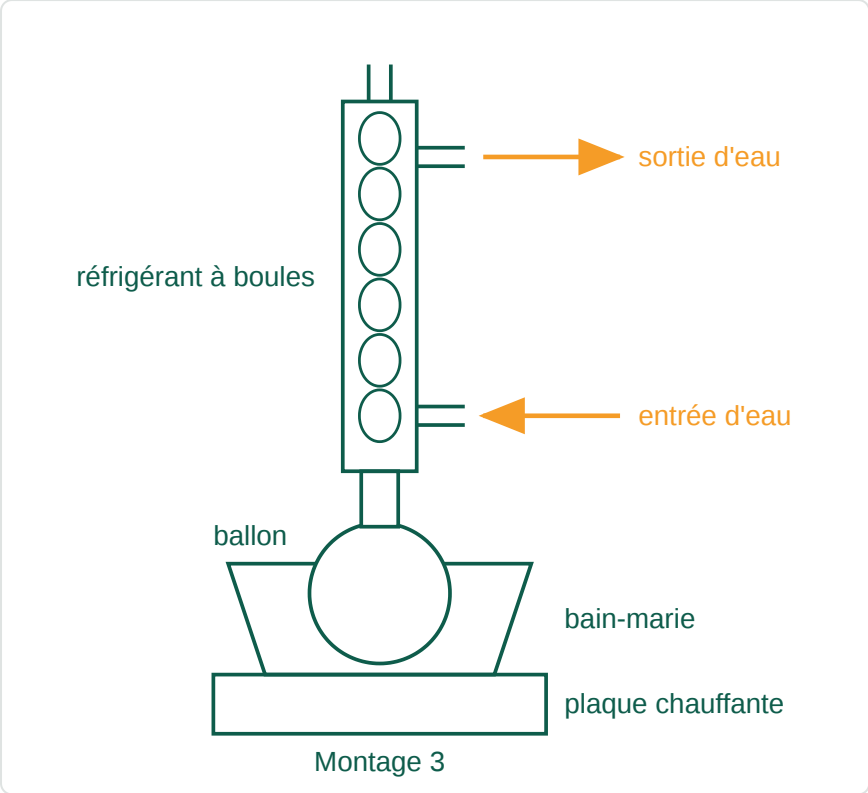
COMPRENDRE
L'acide sulfurique concentré, utilisé ensuite comme catalyseur, est lui aussi corrosif : les mêmes protections s'imposent.

2.2.1 Choisir sur l'annexe le montage utilisé pour la synthèse de l'aspirine et indiquer le sens de circulation de l'eau dans le réfrigérant.

La synthèse se fait par chauffage à reflux : ballon chauffé, surmonté d'un réfrigérant vertical à boules. Le montage 1 n'a pas de réfrigérant ; le montage 2 est une distillation fractionnée.

Montage 3. L'eau entre par le bas du réfrigérant et sort par le haut.

COMPRENDRE
Le reflux permet de chauffer, donc d'accélérer la transformation, sans perte de matière : les vapeurs se condensent et retombent dans le ballon. L'eau entrant par le bas remplit entièrement le réfrigérant.



2.2.1 · Montage 3 (chauffage à reflux) et circulation de l'eau

2.2.2 Pourquoi a-t-on choisi un ballon initialement bien sec ?

L'anhydride éthanoïque réagit vivement et totalement avec l'eau (question 1.3).

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

2.2.3 Définir et calculer le rendement de la synthèse effectuée.

Données utiles $m_1 = 13{,}8$ g d'acide salicylique ; $V_2 = 25$ mL d'anhydride ; $\rho_2 = 1{,}08$ g · cm^{-3} ; $M_1 = 138$, $M_2 = 102$ (1.2), $M_{asp} = 180$ g · mol^{-1} ; $m = 9{,}0$ g

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

Quantités initiales ($1\ \text{cm}^3 = 1\ \text{mL}$) :

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1} = \frac{13{,}8}{138} = 0{,}100\ \text{mol} \qquad n_2 = \frac{\rho_2 V_2}{M_2} = \frac{1{,}08 \times 25}{102} = 0{,}26\ \text{mol}$$

Équation	$C_7H_6O_3$	$+\ C_4H_6O_3$	$\longrightarrow C_9H_8O_4$	$+\ C_2H_4O_2$
État initial	n_1	n_2	0	0
En cours (x)	$n_1 - x$	$n_2 - x$	x	x
Final (x_{max})	$n_1 - x_{max}$	$n_2 - x_{max}$	x_{max}	x_{max}

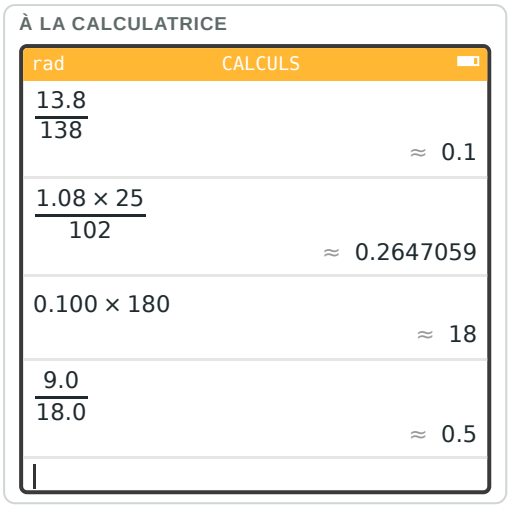
Les nombres stœchiométriques valent 1 et $n_1 < n_2$: l'acide salicylique est le réactif limitant, $x_{max} = n_1 = 0{,}100$ mol.

$m_{max} = x_{max}\, M_{asp} = 0{,}100 \times 180 = 18{,}0$ g

$$\eta = \frac{9{,}0}{18{,}0} = 0{,}50, \text{ soit un rendement de } 50\ \%.$$

PIÈGE
Calculer m_{max} à partir de l'anhydride, qui est en excès. L'anhydride est un liquide : sa masse s'obtient par $\rho_2 V_2$, pas par une pesée.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs pour le rendement, comme la masse $m = 9{,}0$ g, donnée la moins précise du quotient.



3.1.1 En notant AH l'aspirine, écrire l'équation de la réaction de titrage par la soude.

L'acide AH cède un ion $\mathrm{H^+}$ à la base $\mathrm{HO^-}$ apportée par la soude :

$$\mathrm{AH\,(aq) + HO^-\,(aq) \longrightarrow A^-\,(aq) + H_2O\,(l)}$$

COMPRENDRE
Une réaction support de titrage doit être totale, rapide et unique. Les ions $\mathrm{Na^+}$ sont spectateurs : ils n'apparaissent pas dans l'équation.

3.1.2 Pourquoi dose-t-on l'aspirine à froid et avec de la soude diluée plutôt qu'à chaud avec de la soude concentrée ?

L'aspirine possède aussi un groupe ester. À chaud et avec des ions $\mathrm{HO^-}$ concentrés, ce groupe subirait une hydrolyse basique, qui consomme elle aussi des ions $\mathrm{HO^-}$.

À froid et en solution diluée, cette hydrolyse est très lente : seule la réaction acido-basique du groupe carboxyle a lieu, et le titrage reste valable.

COMPRENDRE
Température et concentration sont des facteurs cinétiques : en les abaissant, on ralentit la réaction parasite, alors que la réaction acido-basique reste quasi instantanée.

3.1.3 Le volume équivalent vaut 20,0 mL : peut-on considérer que l'aspirine obtenue est pure ?

Données utiles $c_B = 2{,}5 \times 10^{-1}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $V_E = 20{,}0$ mL ; $V_A = 10{,}0$ mL prélevés sur $V_0 = 100{,}0$ mL ; $M_{asp} = 180\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; $m = 9{,}0$ g

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques : $n_A(\mathrm{AH}) = n(\mathrm{HO^-})_{versé} = c_B\,V_E$.

$n_A(\mathrm{AH}) = 2{,}5 \times 10^{-1} \times 20{,}0 \times 10^{-3} = 5{,}0 \times 10^{-3}$ mol dans le prélèvement.

La fiole contient $\dfrac{V_0}{V_A} = 10$ fois plus de solution : $n(\mathrm{AH}) = 10 \times 5{,}0 \times 10^{-3} = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol.

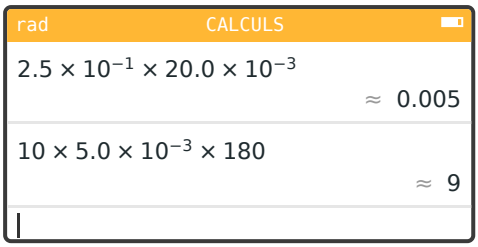
Masse d'aspirine dans les cristaux : $m(\mathrm{AH}) = n(\mathrm{AH})\,M_{asp} = 5{,}0 \times 10^{-2} \times 180 = 9{,}0$ g.

$m(\mathrm{AH}) = 9{,}0\ \mathrm{g} = m$: les cristaux ne contiennent que de l'aspirine, on peut la considérer comme pure.

PIÈGE
Oublier le facteur 10 : le titrage ne porte que sur 10,0 mL des 100,0 mL préparés. Sans lui, on trouverait 0,90 g et on conclurait à tort à un produit très impur.

COMPRENDRE
Avec deux chiffres significatifs, « pure » signifie pure à quelques pour cent près. Un reste d'acide salicylique, lui aussi acide, serait d'ailleurs dosé en même temps.

À LA CALCULATRICE



3.2 Donner le principe d'une autre méthode permettant de vérifier la pureté de l'aspirine obtenue.

Mesure de la température de fusion : on dépose quelques cristaux secs sur un banc Kofler et on compare la température de fusion lue à celle de l'aspirine pure donnée dans les tables.

Si les deux températures de fusion sont égales, le produit est pur ; une impureté abaisse la température de fusion.

MÉTHODE

Autre possibilité : une chromatographie sur couche mince, avec un dépôt du produit obtenu et un dépôt d'aspirine de référence. Une seule tache, à la même hauteur que la référence, indique un produit pur.

Le super condensateur prêt à sortir de l'ombre

Bac S 2010 Polynésie rattrapage (ancien programme) · Exercice 4 **6 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1 Montrer que le graphe $i(t)$ est obtenu à partir de l'enregistrement de $u_R(t)$.

Données utiles $R = 20\ \Omega$

Le conducteur ohmique est fléché en convention récepteur (u_R opposée à i) : la loi d'Ohm donne $u_R(t) = R\,i(t)$.

Le logiciel divise donc chaque valeur enregistrée de u_R par $R = 20\ \Omega$ pour tracer $i(t)$.

$$\boxed{i(t) = \frac{u_R(t)}{R}}$$

COMPRENDRE
Un système d'acquisition ne mesure que des tensions. Pour suivre une intensité, on enregistre la tension aux bornes d'un conducteur ohmique : elle lui est proportionnelle.

1.2 Utiliser l'un des graphes pour déterminer la relation numérique entre la tension u aux bornes du condensateur et le temps. Justifier le calcul.

Le graphe $u(t)$ est une droite qui passe par l'origine : u est proportionnelle au temps, $u = k\,t$.

Coefficient directeur, entre l'origine et le point (18 s ; 4,5 V) :

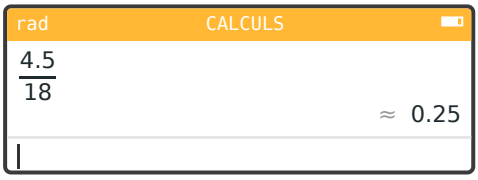
$$k = \frac{4{,}5 - 0}{18 - 0} = 0{,}25\ \text{V} \cdot \text{s}^{-1}$$

$\boxed{u = 0{,}25\,t}$ (avec u en volts et t en secondes)

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme les valeurs lues sur le graphe (4,5 V et 18 s).

MÉTHODE
Pour un coefficient directeur, choisir deux points de la droite très éloignés l'un de l'autre : l'erreur de lecture pèse moins sur le résultat.

À LA CALCULATRICE



1.3 Le condensateur étant déchargé à $t = 0$ s, donner l'expression littérale de la charge q_A portée par l'armature A en fonction du temps.

Le courant i arrive sur l'armature A : $i = \dfrac{\mathrm{d}q_A}{\mathrm{d}t}$.

L'intensité est constante, $i = I$, donc q_A est une primitive d'une constante : $q_A(t) = I\,t + K$.

Condition initiale : $q_A(0) = 0$, d'où $K = 0$.

$$\boxed{q_A(t) = I\,t}$$

PIÈGE
Oublier la constante d'intégration. C'est la condition initiale (condensateur déchargé) qui permet de l'annuler ; il faut l'écrire.

1.4 Calculer le quotient $\dfrac{q_A}{u}$. Que représente-t-il ?

Données utiles $I = 0{,}25$ A (graphe $i(t)$) ; $k = 0{,}25\ \text{V} \cdot \text{s}^{-1}$ (1.2) ; $q_A = I\,t$ (1.3)

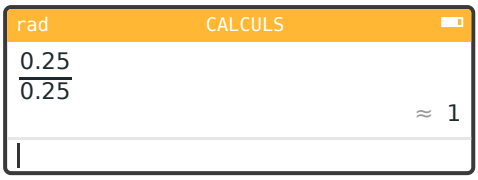
$$\frac{q_A}{u} = \frac{I\,t}{k\,t} = \frac{I}{k} = \frac{0{,}25}{0{,}25} = 1{,}0\ \text{C} \cdot \text{V}^{-1}$$

Ce quotient ne dépend pas du temps. Comme $q_A = C\,u$ pour un condensateur, il représente la capacité C.

$$\boxed{\frac{q_A}{u} = C = 1{,}0\ \text{F}}$$

COMPRENDRE
Un farad est un coulomb par volt. Une capacité de 1 F est énorme : les condensateurs usuels se comptent en microfarads, d'où le nom de super condensateur.

À LA CALCULATRICE



2.1 D'après les graphes, quelles sont les valeurs de u et i lorsque le condensateur est chargé ?

Lorsque le condensateur est chargé, les deux courbes ont atteint leur palier (au-delà de 100 s environ) : u ne varie plus et le courant ne circule plus.

$u = 5{,}0$ V (soit $u = E$) et $i = 0$ A

COMPRENDRE
Un condensateur chargé se comporte comme un interrupteur ouvert : plus de courant, donc $u_R = Ri = 0$ et toute la tension E se retrouve à ses bornes.

2.2 Rappeler l'expression de la constante de temps τ du circuit. La déterminer graphiquement en précisant la méthode.

Données utiles $E = 5{,}0$ V

Constante de temps : $\tau = RC$.

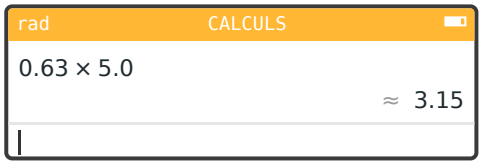
À la date $t = \tau$, la tension vaut 63 % de sa valeur finale : $u(\tau) = 0{,}63 \times 5{,}0 = 3{,}2$ V.

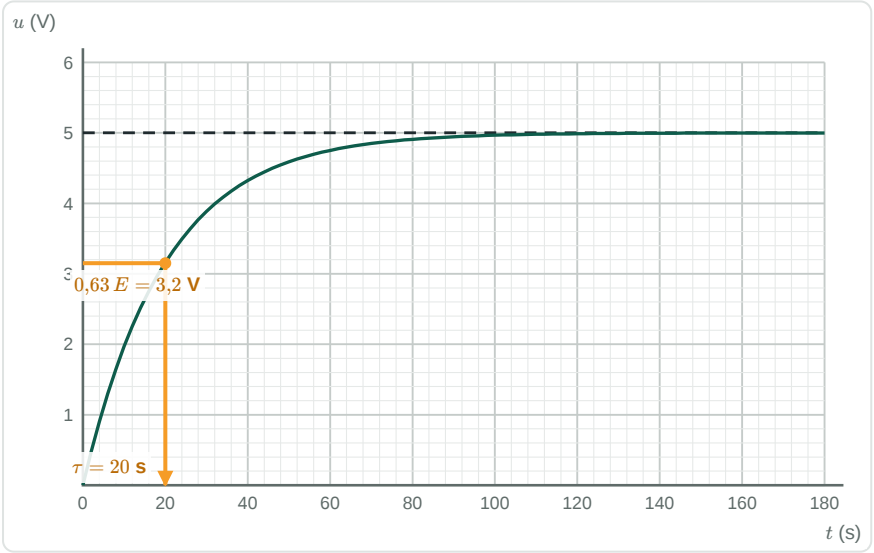
On trace l'horizontale $u = 3{,}2$ V ; elle coupe la courbe $u(t)$ en un point dont l'abscisse est τ.

$\tau = RC$; graphiquement $\tau = 20$ s

MÉTHODE
Autre méthode : tracer la tangente à l'origine de $u(t)$; elle coupe l'asymptote $u = E$ à la date $t = \tau$. Sur la courbe $i(t)$, chercher la date où i vaut 37 % de 0,25 A.

À LA CALCULATRICE





2.2 · Courbe $u(t)$ du sujet : lecture de τ à 63 % de la tension finale

2.3 En déduire la valeur de la capacité du condensateur. Comparer avec la valeur obtenue à la question 1.4.

Données utiles $\tau = 20$ s (2.2) ; $R = 20\ \Omega$; $C = 1{,}0$ F (1.4)

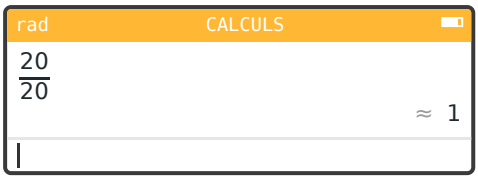
$\tau = RC$ donc $C = \dfrac{\tau}{R}$.

$$C = \frac{20}{20} = 1{,}0 \text{ F}$$

$C = 1{,}0$ F : même valeur qu'avec la charge à courant constant (1.4).

PIÈGE
Écrire « 1 F » sans la décimale : τ et R sont connus avec deux chiffres significatifs, le résultat aussi.

À LA CALCULATRICE



2.4 En respectant les notations du montage, montrer que la tension u vérifie l'équation différentielle $E = RC\dfrac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t} + u$.

Loi des mailles (additivité des tensions) : $E = u_R + u$.

Loi d'Ohm : $u_R = R\,i$.

Condensateur : $i = \dfrac{\mathrm{d}q_A}{\mathrm{d}t}$ et $q_A = C\,u$; comme C est constante, $i = C\dfrac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}$.

Donc $u_R = RC\dfrac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}$, et en reportant dans la loi des mailles :

$$\boxed{E = RC\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t} + u}$$

MÉTHODE

Toujours trois étapes pour un circuit RC : loi des mailles, loi d'Ohm, relation $i = C\dfrac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}$. On élimine ensuite u_R et i pour ne garder que u.

2.5 La solution est de la forme $u(t) = E\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$. Montrer que pour $t = 5\tau$ le condensateur est quasiment chargé. Le vérifier graphiquement.

Données utiles $E = 5{,}0$ V ; $\tau = 20$ s (2.2)

$$u(5\tau) = E\left(1 - e^{-5\tau/\tau}\right) = E\left(1 - e^{-5}\right) = 0{,}993\,E$$

La tension atteint $99{,}3\ \%$ de sa valeur finale E, soit $4{,}97$ V : le condensateur est quasiment chargé.

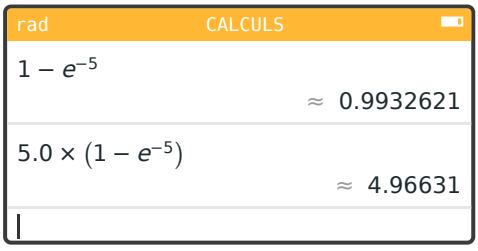
Vérification : $5\tau = 5 \times 20 = 100$ s ; à cette date, la courbe $u(t)$ est confondue avec son palier à $5{,}0$ V.

$\boxed{u(5\tau) = 0{,}993\,E \approx E}$: condensateur chargé à plus de $99\ \%$.

COMPRENDRE

Mathématiquement, u n'atteint jamais E. La date 5τ est le repère habituel pour dire que le régime permanent est établi.

À LA CALCULATRICE



3.1 À l'aide de considérations énergétiques, expliquer pourquoi on observe des oscillations électriques dans le circuit.

Le condensateur stocke de l'énergie électrique, $E_C = \frac{1}{2} C u^2$; la bobine stocke de l'énergie magnétique, $E_L = \frac{1}{2} L i^2$.

Quand le condensateur se décharge, E_C diminue et E_L augmente ; lorsque $u = 0$, toute l'énergie restante est dans la bobine. Celle-ci la restitue ensuite au condensateur, qui se recharge en sens inverse, et ainsi de suite.

Ces transferts d'énergie répétés entre le condensateur et la bobine font osciller u. À chaque échange, la résistance r dissipe une partie de l'énergie par effet Joule : l'amplitude décroît.

Le sujet annonce un condensateur chargé sous $5{,}0$ V, alors que la courbe fournie part de $u = 0$; cela ne change pas l'explication.

Oscillations : échange périodique d'énergie entre condensateur (E_C) et bobine (E_L), avec pertes par effet Joule.

COMPRENDRE
Avec un condensateur chargé sous $5{,}0$ V, la courbe devrait démarrer à $u = 5{,}0$ V.
L'enregistrement semble décalé d'un quart de période ; la durée d'une oscillation reste la même.

3.2 Qualifier le régime d'oscillations obtenu.

La tension oscille autour de zéro avec une amplitude qui diminue au cours du temps : les oscillations sont amorties.

Régime **pseudo-périodique**.

PIÈGE
Écrire « périodique » : la courbe ne se reproduit pas identique à elle-même puisque l'amplitude décroît. Seul l'intervalle de temps entre deux maximums reste constant.

3.3 Déterminer la valeur d'une grandeur temporelle liée aux oscillations.

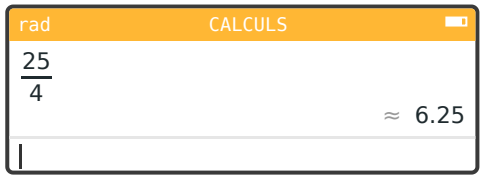
La grandeur est la pseudo-période T. Pour limiter l'erreur de lecture, on mesure la durée de quatre oscillations : la courbe coupe l'axe en montant à $t = 0$ puis, pour la quatrième fois, à $t = 25$ s.

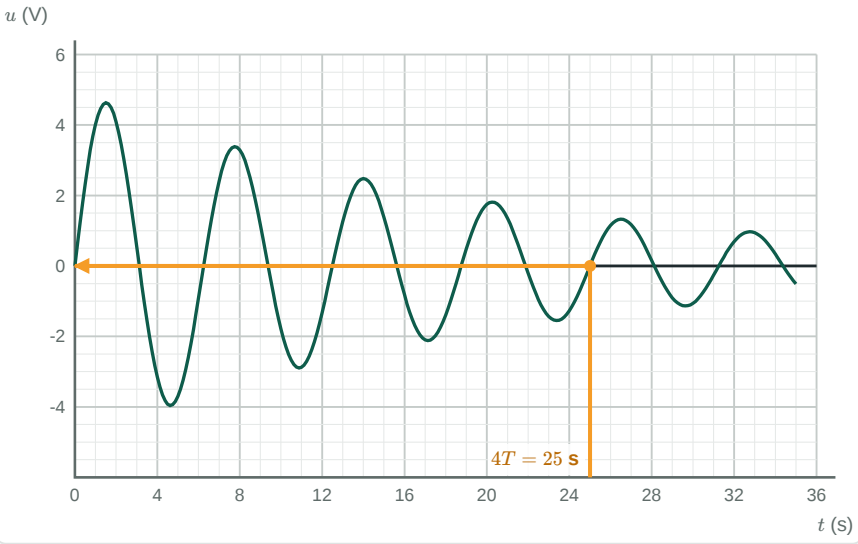
$$4T = 25 \text{ s} \quad \text{donc} \quad T = \frac{25}{4} = 6{,}25 \text{ s}$$

$T \approx 6{,}3$ s

MÉTHODE
Mesurer plusieurs pseudo-périodes puis diviser : l'incertitude de lecture est divisée d'autant.
Repérer des passages par zéro dans le même sens, plus nets que les sommets.

À LA CALCULATRICE





3.3 · Courbe $u(t)$ du sujet : quatre pseudo-périodes entre $t = 0$ et $t = 25$ s

3.4 Avec $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$, et en assimilant la grandeur précédente à cette période propre, en déduire la capacité du condensateur. Comparer avec les deux méthodes précédentes.

Données utiles $T = 6{,}25$ s (3.3) ; $L = 1{,}0$ H

On pose $T = T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$. En élevant au carré : $T^2 = 4\pi^2\, L\, C$, donc

$$C = \frac{T^2}{4\pi^2\, L} = \frac{6{,}25^2}{4\pi^2 \times 1{,}0} = 0{,}99 \text{ F}$$

Les deux premières méthodes donnent 1,0 F : l'écart est de $1\ \%$ environ, inférieur à la précision des lectures graphiques.

$C = 0{,}99$ F : les trois méthodes concordent, $C \approx 1{,}0$ F.

PIÈGE

Oublier d'élever 2π au carré en isolant C, ou calculer avec T déjà arrondie à $6{,}3$ s sans s'en rendre compte : garder $6{,}25$ s dans le calcul.

À LA CALCULATRICE

