Corrigé complet — Bac S 2012 Polynésie (ancien programme)

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

Ex 1	**Un dosage pour déterminer la durée de fonctionnement d'une pile** Pile et polarités · Quotient de réaction et sens d'évolution · Titrage colorimétrique · Tableau d'avancement · Quantité d'électricité et constante de Faraday	7 pts	1 h 31	16 questions	p. 2
Ex 2	**Réalisation d'une balise** Charge d'un condensateur (dipôle RC) · Constante de temps · Oscillateur LC et équation différentielle · Analyse dimensionnelle · Amortissement et entretien des oscillations	5 pts	1 h 05	12 questions	p. 8
Ex 3	**Mesure de vitesse à l'aide d'un cinémomètre** Ondes mécaniques et électromagnétiques · Quantification de l'énergie · Énergie d'un photon · Mesure d'une distance par aller-retour d'une impulsion · Effet Doppler	4 pts	52 min	10 questions	p. 12
Ex 4	**Spécialité : Microscopie au service de la biologie** Lentille mince convergente · Relation de conjugaison · Grandissement · Construction graphique · Diamètre apparent et grossissement · Cercle oculaire	4 pts	52 min	13 questions	p. 16

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

Un dosage pour déterminer la durée de fonctionnement d'une pile

Bac S 2012 Polynésie (ancien programme) · Exercice 1 **7 points** **Durée conseillée 1 h 31**

1.1 Sur le schéma de l'annexe 1, indiquer le sens conventionnel du courant et les polarités de la pile. Justifier.

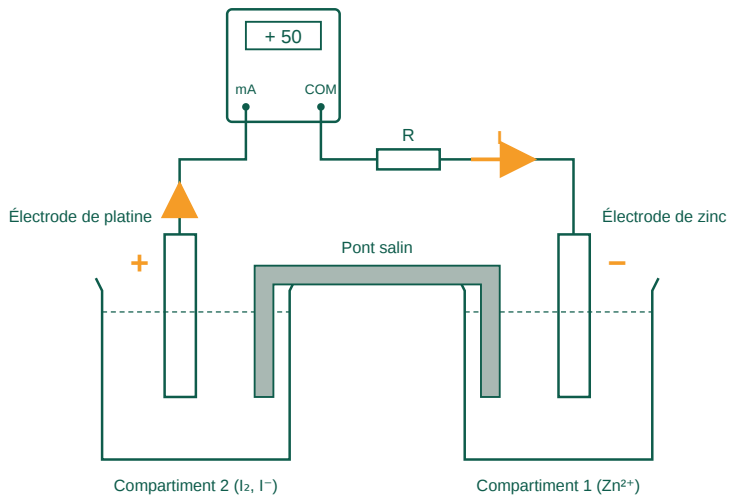
L'ampèremètre affiche une valeur positive : le courant entre par sa borne mA et sort par sa borne COM.

La borne mA est reliée à l'électrode de platine : à l'extérieur de la pile, le courant sort par le platine et rentre par le zinc.

Le courant sort d'une pile par son pôle positif.

Électrode de platine : pôle $+$; électrode de zinc : pôle $-$; à l'extérieur, le courant va du platine vers le zinc (annexe ci-dessous).

MÉTHODE
Signe affiché par l'ampèremètre : positif, le courant entre par mA ; négatif, il entre par COM. On remonte ensuite le circuit jusqu'à la borne de la pile.



1.1 · Annexe 1 complétée : sens du courant et polarités

1.2 Écrire les demi-équations des réactions se produisant aux électrodes et préciser la nature de ces réactions.

Au pôle $-$ (zinc), le zinc cède des électrons : c'est une **oxydation**.

$$\mathrm{Zn_{(s)} = Zn^{2+}_{(aq)} + 2\,e^-}$$

Au pôle $+$ (platine), le diiode capte ces électrons : c'est une **réduction**.

$$\mathrm{I_{2\,(aq)} + 2\,e^- = 2\,I^-_{(aq)}}$$

Zinc : $\mathrm{Zn = Zn^{2+} + 2\,e^-}$ (oxydation) ; platine : $\mathrm{I_2 + 2\,e^- = 2\,I^-}$ (réduction)

COMPRENDRE
Le platine ne réagit pas : il sert seulement de conducteur pour amener les électrons au diiode de la solution.

1.3 En déduire l'équation globale de fonctionnement de la pile.

Les deux demi-équations échangent chacune 2 électrons ; on les additionne membre à membre :

$$\mathrm{Zn_{(s)} + I_{2\,(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2\,I^-_{(aq)}}$$

PIÈGE
Laisser des électrons dans l'équation globale. Ici les nombres d'électrons sont déjà égaux, aucune multiplication n'est nécessaire.

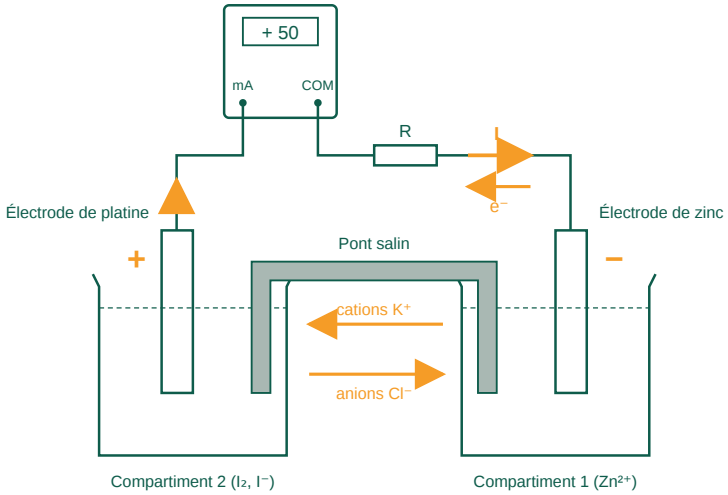
1.4 Préciser la nature et le sens de déplacement des porteurs de charges à l'intérieur et à l'extérieur de la pile, en complétant l'annexe 1.

À l'extérieur de la pile (fils, ampèremètre, résistance) : les porteurs de charges sont les **électrons** ; ils vont du zinc (pôle $-$) vers le platine (pôle $+$), en sens inverse du courant.

À l'intérieur de la pile (solutions et pont salin) : les porteurs de charges sont les **ions**. Dans le pont salin, les cations K^+ se déplacent vers le compartiment 2 (platine), dans le sens du courant, et les anions Cl^- vers le compartiment 1 (zinc).

Électrons du zinc vers le platine dans le circuit extérieur ; ions dans la pile : K^+ vers le platine, Cl^- vers le zinc.

COMPRENDRE
Le pont salin maintient chaque solution électriquement neutre : Cl^- compense les ions Zn^{2+} formés, K^+ compense la consommation de charges négatives au compartiment 2.



1.4 · Annexe 1 complétée : porteurs de charge

2.1 Donner l'expression du quotient de réaction initial $Q_{r,i}$ et calculer sa valeur.

Données utiles $[\mathrm{Zn}^{2+}]_0 = 1{,}0 \times 10^{-1}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $[\mathrm{I_2}]_0 = 1{,}0 \times 10^{-1}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $[\mathrm{I^-}]_0 = 5{,}0 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$

Pour $\mathrm{Zn_{(s)} + I_{2\,(aq)} = Zn^{2+}{}_{(aq)} + 2\,I^-{}_{(aq)}}$ (le zinc solide n'apparaît pas) :

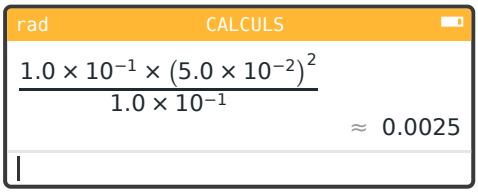
$$Q_{r,i} = \frac{[\mathrm{Zn^{2+}}]_0\,[\mathrm{I^-}]_0^2}{[\mathrm{I_2}]_0} = \frac{1{,}0 \times 10^{-1} \times (5{,}0 \times 10^{-2})^2}{1{,}0 \times 10^{-1}}$$

$Q_{r,i} = 2{,}5 \times 10^{-3}$ (sans unité)

PIÈGE
Oublier le carré sur $[\mathrm{I^-}]$ (coefficient 2) ou faire figurer le solide Zn dans le quotient.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme les concentrations données.

À LA CALCULATRICE



2.2 Avec $K = 10^{46}$ à 25 °C, prévoir le sens d'évolution spontanée du système chimique constituant la pile.

Données utiles $Q_{r,i} = 2{,}5 \times 10^{-3}$ (2.1) ; $K = 10^{46}$

Critère d'évolution spontanée : on compare $Q_{r,i}$ à K.

$Q_{r,i} = 2{,}5 \times 10^{-3} < K = 10^{46}$: Q_r doit augmenter jusqu'à K.

Le système évolue dans le sens direct : $\mathrm{Zn} + \mathrm{I_2} \longrightarrow \mathrm{Zn^{2+}} + 2\,\mathrm{I^-}$.

COMPRENDRE
Ce sens direct est cohérent avec les polarités trouvées en 1.1 : le zinc est oxydé au pôle −.

2.3 Que peut-on dire de l'évolution de la concentration en diiode dans le compartiment 2 lorsque la pile fonctionne ? Justifier à partir de l'expression de Q_r.

Pendant le fonctionnement, l'évolution dans le sens direct fait augmenter $Q_r = \dfrac{[\mathrm{Zn^{2+}}]\,[\mathrm{I^-}]^2}{[\mathrm{I_2}]}$ vers K.

Le diiode est un réactif : il est consommé, et $[\mathrm{I_2}]$, au dénominateur, diminue, tandis que $[\mathrm{Zn^{2+}}]$ et $[\mathrm{I^-}]$, au numérateur, augmentent ; cela fait bien croître Q_r.

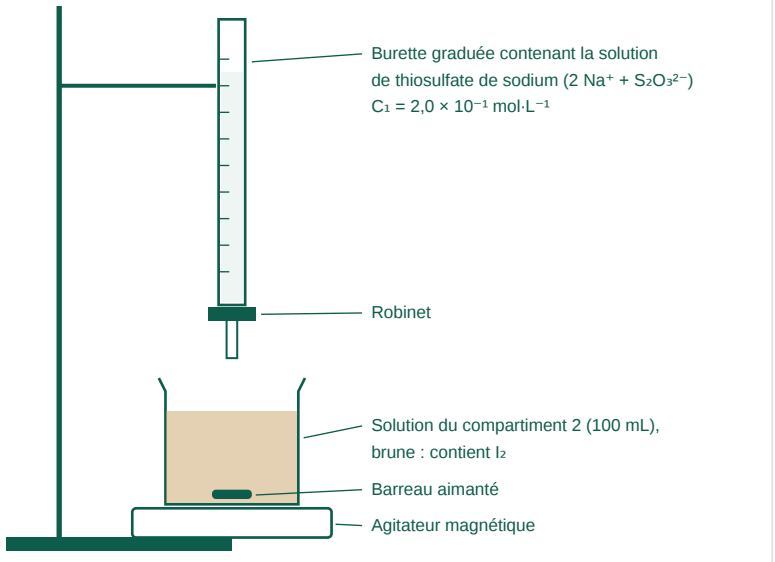
La concentration en diiode diminue au cours du fonctionnement.

3.1 Faire un schéma annoté du dispositif expérimental de dosage.

Burette graduée contenant la solution titrante de thiosulfate de sodium ($C_1 = 2{,}0 \times 10^{-1}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$) ; bécher contenant la solution du compartiment 2 (solution titrée) ; agitateur magnétique et barreau aimanté.

Schéma annoté ci-dessous.

PIÈGE
Oublier les annotations : nom et concentration de la solution titrante, solution titrée, agitation. Un schéma sans légende ne rapporte presque rien.



3.1 · Dispositif de dosage du diiode

3.2 Définir l'équivalence d'un dosage. Comment la repère-t-on ici ?

À l'équivalence, les réactifs titrant et titré ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction de dosage : ils sont tous deux entièrement consommés.

Le diiode est la seule espèce colorée. Avant l'équivalence, il reste du diiode : la solution est brune. À l'équivalence, tout le diiode a réagi.

L'équivalence est repérée par la disparition de la teinte brune : la solution devient incolore.

MÉTHODE
Titrage colorimétrique sans indicateur : repérer l'espèce colorée et dire si la couleur apparaît ou disparaît à l'équivalence.

3.3.1 Compléter le tableau d'avancement de l'annexe 1 ; x' est l'avancement de la réaction de dosage.

État initial : n_1 ; n_2 ; 0 ; $n_i(\mathrm{I}^-)$.

En cours de transformation : $n_1 - 2x'$; $n_2 - x'$; x' ; $n_i(\mathrm{I}^-) + 2x'$.

Tableau complété ci-dessous.

PIÈGE
Oublier le coefficient 2 devant x' pour $\mathrm{S_2O_3^{2-}}$ et pour $\mathrm{I^-}$.

Équation		$2\,S_2O_3^{2-} + I_2 = S_4O_6^{2-} + 2\,I^-$			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	0	n_1	n_2	0	$n_i(I^-)$
En cours de transformation	x'	$n_1 - 2x'$	$n_2 - x'$	x'	$n_i(I^-) + 2x'$

3.3.1 · Annexe 1 complétée : tableau d'avancement du dosage

3.3.2 Déterminer la quantité de matière n_2 de diiode restant dans le compartiment 2 avant le dosage.

Données utiles $C_1 = 2{,}0 \times 10^{-1}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $V_{1,E} = 14{,}7\ \mathrm{mL}$

À l'équivalence, les deux réactifs sont épuisés : $n_2 - x'_E = 0$ et $n_1 - 2x'_E = 0$, avec $n_1 = C_1\,V_{1,E}$.

Donc $n_2 = x'_E = \dfrac{C_1\,V_{1,E}}{2}$.

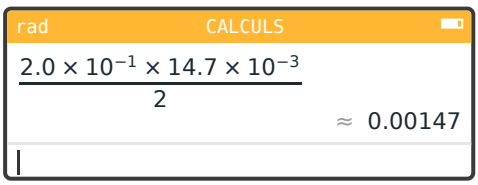
$$n_2 = \frac{2{,}0 \times 10^{-1} \times 14{,}7 \times 10^{-3}}{2} = 1{,}47 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol}$$

$n_2 = 1{,}5 \times 10^{-3}$ mol

PIÈGE
Écrire $n_2 = C_1\,V_{1,E}$ en oubliant le facteur 2 de l'équation de dosage, ou laisser $V_{1,E}$ en mL.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs (limités par C_1) pour le résultat, mais on garde $1{,}47 \times 10^{-3}$ mol pour la suite des calculs.

À LA CALCULATRICE



3.3.3 En déduire la quantité de matière $n_{cons}(\mathrm{I_2})$ de diiode consommé lors du fonctionnement de la pile.

Données utiles $[\mathrm{I_2}]_0 = 1{,}0 \times 10^{-1}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $V = 100\ \mathrm{mL}$; n_2 (3.3.2)

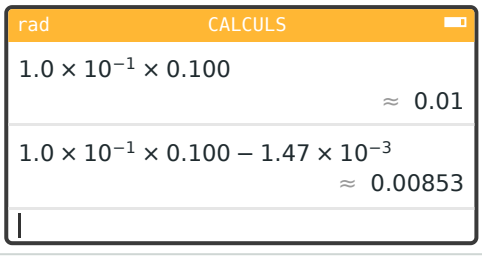
Quantité initiale de diiode : $n_0(\mathrm{I_2}) = [\mathrm{I_2}]_0\, V = 1{,}0 \times 10^{-1} \times 0{,}100 = 1{,}0 \times 10^{-2}$ mol.

Le diiode consommé est la différence entre l'initial et le restant :

$$n_{cons}(\mathrm{I_2}) = n_0(\mathrm{I_2}) - n_2 = 1{,}0 \times 10^{-2} - 1{,}47 \times 10^{-3} = 8{,}53 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol}$$

$n_{cons}(\mathrm{I_2}) = 8{,}5 \times 10^{-3}$ mol

À LA CALCULATRICE



3.4.1 En déduire la valeur de l'avancement x de la réaction de fonctionnement de la pile au bout de la durée Δt.

Données utiles $n_{cons}(\mathrm{I_2})$ (3.3.3)

Dans l'équation de fonctionnement $\mathrm{Zn} + \mathrm{I_2} \longrightarrow \mathrm{Zn^{2+}} + 2\,\mathrm{I^-}$, le coefficient du diiode est 1 : $n_{cons}(\mathrm{I_2}) = x$.

$x = 8{,}5 \times 10^{-3}$ mol

PIÈGE
Confondre x (réaction de la pile) et x' (réaction de dosage) : ce sont deux réactions différentes.

3.4.2 Exprimer la quantité de matière d'électrons échangée pendant le fonctionnement de la pile en fonction de x.

D'après $\mathrm{Zn} = \mathrm{Zn^{2+}} + 2\,\mathrm{e^-}$, chaque fois que la réaction de la pile se produit, 2 électrons circulent dans le circuit.

$n(e^-) = 2x$

3.4.3 Vérifier que la quantité d'électricité fournie par la pile est proche de $1{,}6 \times 10^3$ C.

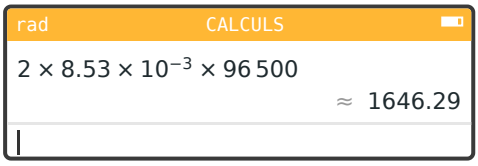
Données utiles $F = 96\,500\ \mathrm{C \cdot mol^{-1}}$; x (3.4.1)

$$Q = n(e^-)\, F = 2x\, F = 2 \times 8{,}53 \times 10^{-3} \times 96\,500 = 1{,}65 \times 10^3\ \mathrm{C}$$

$Q = 1{,}6 \times 10^3$ C, valeur attendue $1{,}6 \times 10^3$ C : c'est vérifié.

COMPRENDRE
F est la charge d'une mole d'électrons, en valeur absolue : $F = N_A \times e$.

À LA CALCULATRICE



3.4.4 En déduire la durée Δt de fonctionnement de la pile.

Données utiles $I = 50\ \text{mA}$ (constante) ; Q (3.4.3)

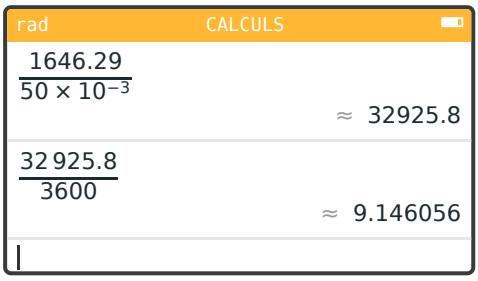
Pour un courant d'intensité constante : $Q = I\,\Delta t$, donc $\Delta t = \dfrac{Q}{I}$.

$$\Delta t = \frac{1{,}65 \times 10^{3}}{50 \times 10^{-3}} = 3{,}3 \times 10^{4}\ \text{s}$$

$\Delta t = 3{,}3 \times 10^{4}$ s, soit environ 9 h

PIÈGE
Garder I en mA : le résultat serait 1000 fois trop petit.

À LA CALCULATRICE



Réalisation d'une balise

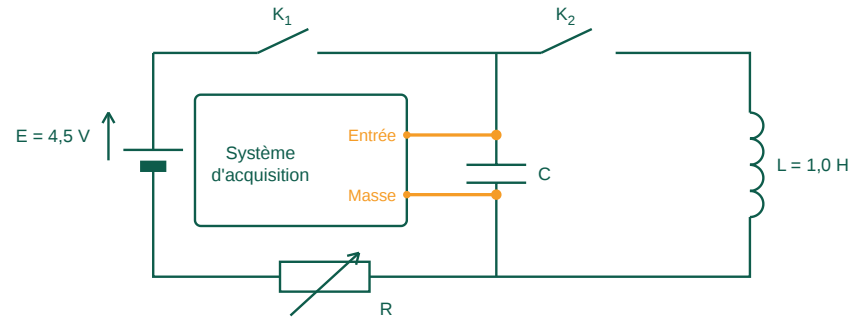
Bac S 2012 Polynésie (ancien programme) · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 Faire figurer sur l'annexe 2 les branchements du système d'acquisition permettant de suivre u_C lors de la charge.

Le système d'acquisition se branche en dérivation aux bornes du condensateur : l'entrée (voie de mesure) sur l'armature reliée à K_1 et K_2, la masse sur l'autre armature, du côté de la résistance R.

Entrée sur l'armature du haut, masse sur l'armature du bas (schéma ci-contre).

PIÈGE
Un système d'acquisition mesure une tension, comme un voltmètre : il se place en dérivation. L'intercaler dans un fil du circuit est faux.



1.1 · Annexe 2 complétée : branchement du système d'acquisition (en orange)

1.2 À partir de la courbe $u_C = f(t)$ de l'annexe 2, déterminer la constante de temps τ en précisant la méthode.

Données utiles $E = 4{,}5$ V

Méthode des 63 % : à $t = \tau$, la tension atteint 63 % de sa valeur finale E.

$u_C(\tau) = 0{,}63 \times E = 0{,}63 \times 4{,}5 = 2{,}8$ V

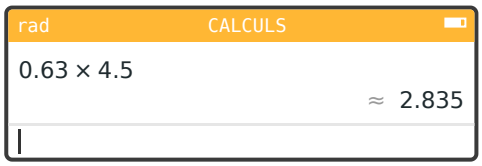
On trace l'horizontale $u_C = 2{,}8$ V ; elle coupe la courbe en un point dont on lit l'abscisse.

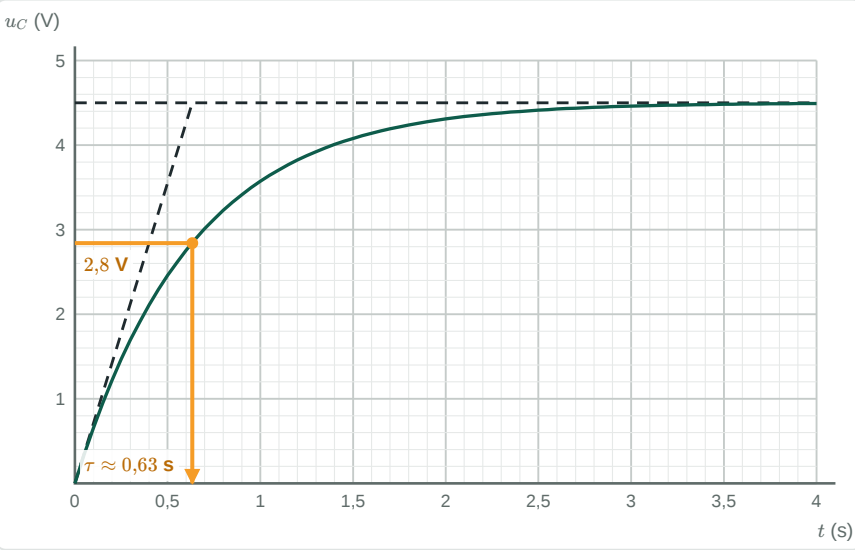
$\tau \approx 0{,}63$ s

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $E = 4{,}5$ V.
Une lecture entre 0,60 s et 0,66 s est acceptable sur ce graphique.

MÉTHODE
Autre méthode admise : la tangente à l'origine coupe l'asymptote $u_C = E$ à la date $t = \tau$. Les deux lectures se recoupent.

À LA CALCULATRICE





1.2 · Annexe 2 : lecture de τ par la méthode des 63 %

1.3 Donner l'expression littérale de τ. Avec $R = 100\ \Omega$, calculer C.

Données utiles $R = 100\ \Omega$; $\tau = 0{,}63$ s (1.2)

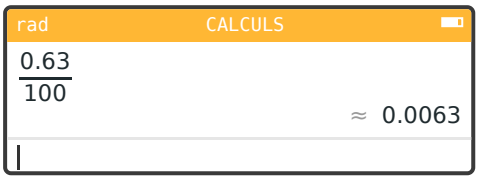
$\tau = RC$, donc $C = \dfrac{\tau}{R}$

$C = \dfrac{0{,}63}{100} = 6{,}3 \times 10^{-3}$ F

$\boxed{C = 6{,}3 \times 10^{-3}\ \text{F} = 6{,}3\ \text{mF}}$

COMPRENDRE
Contrôle avec la partie 3 : $T_0 = 0{,}50$ s et $L = 1{,}0$ H donnent $C = \dfrac{T_0^2}{4\pi^2 L} \approx 6{,}3$ mF.

À LA CALCULATRICE



1.4 Indiquer comment procéder pour charger plus rapidement ce condensateur.

La charge est pratiquement terminée au bout de 5τ. Pour charger plus vite, il faut diminuer $\tau = RC$.

Le condensateur étant imposé, on diminue la valeur de la résistance réglable R.

$\boxed{\text{Diminuer } R \text{ pour réduire } \tau = RC.}$

PIÈGE
Augmenter E ne raccourcit pas la charge : τ ne dépend pas de E.

2.1 Donner les valeurs de u_C et de i à la date $t = 0$ s. Justifier.

À $t = 0$, le condensateur est chargé : d'après la courbe de l'annexe 2, u_C a atteint sa valeur finale, $u_C(0) = E = 4{,}5$ V.

Avant la fermeture de K_2, aucun courant ne traverse la bobine. Or l'intensité du courant dans une bobine ne subit pas de discontinuité : $i(0) = 0$ A.

$\boxed{u_C(0) = 4{,}5\ \text{V et } i(0) = 0\ \text{A}}$

COMPRENDRE
On le vérifie sur la courbe de décharge : en $t = 0$, la tangente est horizontale, donc $i = C\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = 0$.

2.2.1 En négligeant r, montrer que u_C vérifie $\dfrac{\mathrm{d}^2u_C}{\mathrm{d}t^2} + \dfrac{1}{LC}u_C = 0$.

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

Bobine en convention récepteur avec r négligée : $u_L = L\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$.

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

D'où $LC\dfrac{\mathrm{d}^2u_C}{\mathrm{d}t^2} + u_C = 0$; en divisant par LC :

$\boxed{\dfrac{\mathrm{d}^2u_C}{\mathrm{d}t^2} + \dfrac{1}{LC}u_C = 0}$

PIÈGE
Vérifier les conventions sur le schéma : i entre par l'armature où pointe u_C, et u_L est fléchée en sens inverse de i dans la bobine.

MÉTHODE
Toujours la même chaîne : loi des mailles, relation de chaque dipôle, puis une seule variable (u_C) en remplaçant i par $C\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$.

2.2.2 La solution est $u_C = A\cos\left(\frac{2\pi t}{T_0}\right)$. Déterminer la valeur de A.

Données utiles $u_C(0) = 4{,}5$ V (2.1)

À $t = 0$: $u_C(0) = A\cos(0) = A$.

Or $u_C(0) = E$ (question 2.1).

$A = E = 4{,}5$ V

2.2.3 Montrer par une analyse dimensionnelle que $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$ est homogène à un temps.

$u_L = L\dfrac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}$ donne $[U] = [L]\dfrac{[I]}{[T]}$, donc $[L] = \dfrac{[U]\,[T]}{[I]}$.

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

$[L\,C] = \dfrac{[U]\,[T]}{[I]} \times \dfrac{[I]\,[T]}{[U]} = [T]^2$; 2π est sans dimension, donc $[T_0] = \sqrt{[T]^2}$.

$[T_0] = [T]$: T_0 est homogène à un temps.

MÉTHODE
Exprimer chaque grandeur inconnue (L, C) à l'aide de $[U]$, $[I]$ et $[T]$ grâce à une relation connue du cours, puis simplifier.

2.3.1 Les oscillations enregistrées sont amorties. Quelle simplification de l'étude théorique n'est pas justifiée ? Expliquer.

L'amplitude des oscillations diminue : l'énergie du circuit n'est pas conservée. Elle est dissipée par effet Joule dans une résistance.

La simplification non justifiée est d'avoir négligé la résistance r de la bobine.

On ne peut pas négliger la résistance r de la bobine : elle dissipe de l'énergie par effet Joule.

COMPRENDRE
Sans résistance, l'énergie s'échangerait sans perte entre condensateur et bobine : l'amplitude resterait égale à 4,5 V. On parle ici d'oscillations pseudo-périodiques.

2.3.2 Avec le dispositif électronique ajouté, les oscillations sont sinusoïdales de période T_0. Quel est le rôle de ce dispositif ?

Sur l'annexe 2, l'amplitude reste constante (4,5 V) : les oscillations ne sont plus amorties.

Le dispositif fournit au circuit, à chaque instant, l'énergie perdue par effet Joule dans la résistance.

C'est un dispositif d'entretien des oscillations : il compense les pertes d'énergie par effet Joule.

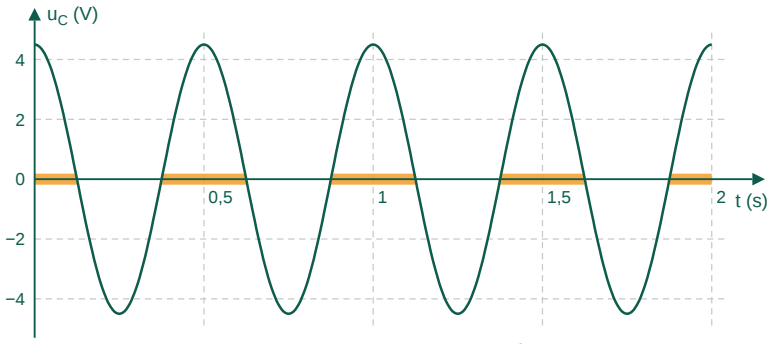
PIÈGE
Il ne supprime pas la résistance r : il apporte de l'énergie, prise à sa propre alimentation.

3.1 Sur le graphe $u_C(t)$ de l'annexe 2, surligner sur l'axe des abscisses les parties où la DEL s'allume.

La DEL s'allume quand $u_C > 0$, c'est-à-dire pendant une demi-période sur deux. Avec $T_0 = 0{,}50$ s, u_C s'annule à $t = 0{,}125$ s, $0{,}375$ s, $0{,}625$ s…

DEL allumée sur $[0\,;\,0{,}125]$, $[0{,}375\,;\,0{,}625]$, $[0{,}875\,;\,1{,}125]$, $[1{,}375\,;\,1{,}625]$ et $[1{,}875\,;\,2{,}0]$ (en s).

COMPRENDRE
Les passages par zéro d'un cosinus ont lieu à $T_0/4$, $3T_0/4$, $5T_0/4$… : chaque intervalle allumé dure $T_0/2$ et il est centré sur un maximum.



en orange : la DEL est allumée ($u_C > 0$)

3.1 · Annexe 2 complétée : parties de l'axe où la DEL est allumée

3.2 L'œil distingue deux flashs successifs si la DEL reste éteinte plus de 50 ms. L'élève pourra-t-il voir séparément les flashs ?

Sur l'annexe 2, 4 périodes durent 2,0 s : $T_0 = \dfrac{2{,}0}{4} = 0{,}50$ s.

La DEL est éteinte quand $u_C < 0$, soit pendant une demi-période :

$$\Delta t_{\text{éteinte}} = \frac{T_0}{2} = \frac{0{,}50}{2} = 0{,}25 \text{ s} = 250 \text{ ms}$$

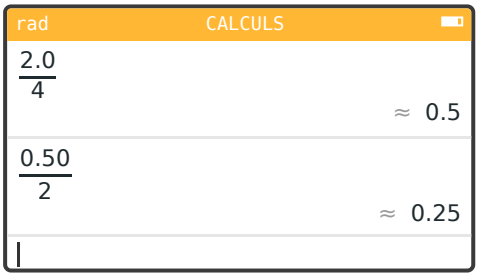
$250 \text{ ms} > 50 \text{ ms}$

Durée d'extinction $0{,}25$ s > 50 ms : l'élève verra les flashs séparément.

MÉTHODE

Mesurer la période sur plusieurs périodes (ici 4) pour limiter l'erreur de lecture.

À LA CALCULATRICE



Mesure de vitesse à l'aide d'un cinémomètre

Bac S 2012 Polynésie (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Définir une onde mécanique.

Une onde mécanique est le phénomène de propagation, dans un milieu matériel, d'une perturbation : elle transporte de l'énergie mais pas de matière.

PIÈGE
Oublier « milieu matériel » ou « sans transport de matière » : deux éléments attendus.

1.2 Le son est une onde longitudinale. Définir cet adjectif.

Une onde est longitudinale lorsque la perturbation du milieu se fait dans la même direction que la propagation de l'onde.

COMPRENDRE
Pour le son, l'air est comprimé puis dilaté le long de la propagation. Une onde sur une corde est transversale.

1.3 La lumière est-elle une onde mécanique ? Justifier.

La lumière se propage dans le vide (celle du Soleil nous parvient à travers l'espace), alors qu'une onde mécanique a besoin d'un milieu matériel.

La lumière n'est pas une onde mécanique : c'est une onde électromagnétique.

2.1 Pourquoi peut-on dire que l'énergie d'un atome est quantifiée ?

L'énergie d'un atome ne peut prendre que certaines valeurs bien précises, appelées niveaux d'énergie. Lors d'une transition entre deux niveaux, l'atome émet ou absorbe un photon d'énergie $\Delta E = h\nu$ bien déterminée : son spectre est un spectre de raies.

Les valeurs possibles de l'énergie forment une suite discrète : elle est quantifiée.

COMPRENDRE
Si l'énergie pouvait varier de façon continue, le spectre d'émission serait continu. Les raies fines observées en sont la preuve expérimentale.

2.2 À quel domaine du spectre électromagnétique la radiation émise appartient-elle ? Justifier.

Données utiles $\lambda = 904$ nm

Le domaine visible s'étend environ de 400 nm à 800 nm. Ici $\lambda = 904\ \text{nm} > 800\ \text{nm}$.

La radiation appartient au domaine de l'**infrarouge**.

MÉTHODE
Retenir les bornes du visible dans le vide : environ 400 nm (violet) et 800 nm (rouge). En dessous : ultraviolet ; au-dessus : infrarouge.

2.3 Déterminer en joules la différence d'énergie ΔE entre les états E_2 et E_1.

Données utiles $h = 6{,}63 \times 10^{-34}\ \text{J}\cdot\text{s}$; $c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $\lambda = 904$ nm

L'énergie du photon émis est égale à la différence d'énergie entre les deux états :

$$\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu = \frac{h\,c}{\lambda}$$

$$\Delta E = \frac{6{,}63 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{904 \times 10^{-9}}$$

$\Delta E = 2{,}20 \times 10^{-19}$ J

PIÈGE
Laisser λ en nanomètres : il faut 904×10^{-9} m, sinon le résultat est faux d'un facteur 10^{9}.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme les données h, c et λ. Converti en électronvolts, cela donne environ $1{,}37$ eV.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^{8}}{904 \times 10^{-9}} \approx 2.200221 \times 10^{-19}$$

3.1 Exprimer la relation entre la distance d_1, Δt_1 et la célérité c de la lumière dans l'air.

Pendant Δt_1, l'impulsion fait l'aller jusqu'au véhicule puis le retour : elle parcourt $2d_1$ à la célérité c.

$$c = \frac{2d_1}{\Delta t_1}$$

$$\boxed{d_1 = \frac{c\,\Delta t_1}{2}}$$

PIÈGE
Oublier le facteur 2 de l'aller-retour. Dans l'air, la célérité de la lumière vaut presque celle du vide.

3.2 Démontrer que la vitesse du véhicule est donnée par $v = \dfrac{c\,(\Delta t_1 - \Delta t_2)}{2T}$.

Entre les deux émissions, séparées de la durée T, le véhicule qui se rapproche passe de la distance d_1 à la distance d_2 : il parcourt $d_1 - d_2$.

Sa vitesse est donc $v = \dfrac{d_1 - d_2}{T}$.

D'après 3.1 : $d_1 = \dfrac{c\,\Delta t_1}{2}$ et de même $d_2 = \dfrac{c\,\Delta t_2}{2}$, d'où

$$v = \frac{1}{T}\left(\frac{c\,\Delta t_1}{2} - \frac{c\,\Delta t_2}{2}\right)$$

$\boxed{v = \dfrac{c\,(\Delta t_1 - \Delta t_2)}{2T}}$: c'est la relation demandée.

COMPRENDRE
On assimile à T la durée entre les deux réflexions sur le véhicule. L'écart réel, $T + \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{2}$, diffère de T de moins d'une nanoseconde : c'est négligeable.

3.3 Déterminer l'écart $\Delta t_1 - \Delta t_2$ pour une vitesse de $100\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$. Comment le dispositif améliore-t-il la précision de cette mesure ?

Données utiles $v = 100\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$; $T = 1{,}80$ ms ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; mesure sur plus de 200 distances pendant 360 ms

D'après 3.2 : $\Delta t_1 - \Delta t_2 = \dfrac{2\,v\,T}{c}$.

Conversion : $v = \dfrac{100 \times 10^{3}}{3600} = 27{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$\Delta t_1 - \Delta t_2 = \frac{2 \times 27{,}8 \times 1{,}80 \times 10^{-3}}{3{,}00 \times 10^{8}}$$

$\Delta t_1 - \Delta t_2 = 3{,}33 \times 10^{-10}$ s, soit $0{,}333$ ns.

Le cinémomètre ne se contente pas de deux impulsions : pendant 360 ms, il émet $\dfrac{360}{1{,}80} = 200$ impulsions et exploite plus de 200 distances successives. Le traitement de ce grand nombre de mesures réduit l'effet de l'erreur sur chacune.

$\Delta t_1 - \Delta t_2 = 3{,}33 \times 10^{-10}$ s ; la précision vient du grand nombre de mesures (plus de 200).

PIÈGE
Calculer avec $v = 100$ sans convertir en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, ou avec T en millisecondes : l'unité de v doit être cohérente avec celles de c et T.

COMPRENDRE
Sur l'ensemble des 200 intervalles, l'écart cumulé atteint $200 \times 0{,}333 \approx 67$ ns, durée bien plus facile à mesurer que $0{,}33$ ns.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{100 \times 10^3}{3600} \approx 27.77778$$

$$\frac{2 \times \frac{100 \times 10^3}{3600} \times 1.80 \times 10^{-3}}{3.00 \times 10^8} \approx 3.333333 \times 10^{-10}$$

$$\frac{360}{1.80} \approx 200$$

4 À partir des courbes de l'onde émise (courbe 1) et de l'onde reçue (courbe 2), dire si le conducteur, en agglomération limitée à $50\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, est en infraction.

Données utiles $v = v_{\text{son}} \cdot \dfrac{f' - f}{f' + f}$ (relation de l'énoncé) ; $v_{\text{son}} = 340\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$; $1\ \text{ps} = 10^{-12}\ \text{s}$

Courbe 1 (onde émise) : les maximums sont à 100, 200, 300, 400 ps, donc $T = 100$ ps et $f = \dfrac{1}{T} = \dfrac{1}{100 \times 10^{-12}} = 1{,}00 \times 10^{10}$ Hz.

Courbe 2 (onde reçue) : du premier minimum (vers 45 ps) au sixième (vers 500 ps), on lit $5T' \approx 455$ ps, donc $T' \approx 91$ ps et $f' = \dfrac{1}{91 \times 10^{-12}} = 1{,}1 \times 10^{10}$ Hz.

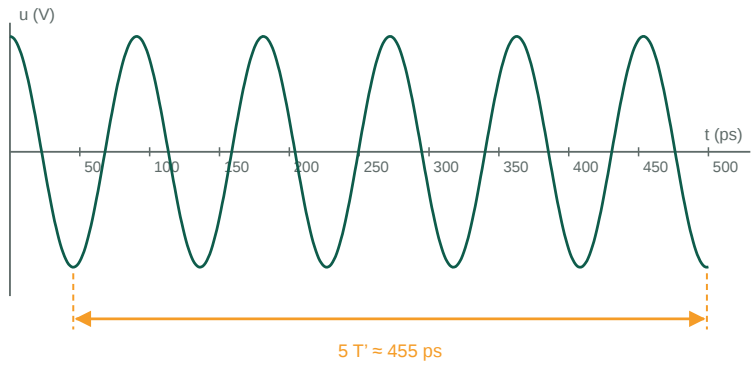
Comme $f = \dfrac{1}{T}$ et $f' = \dfrac{1}{T'}$, la relation donnée s'écrit $v = v_{\text{son}} \cdot \dfrac{T - T'}{T + T'}$:

$$v = 340 \times \frac{100 - 91}{100 + 91} = 16\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$v = 16 \times 3{,}6 \approx 58\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$

Remarque : des micro-ondes se propagent à la célérité c de la lumière, pas à v_{son} ; on applique ici la relation fournie par l'énoncé.

$v \approx 58\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1} > 50\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$: le conducteur est en infraction.



4 · Courbe 2 (onde reçue) : cinq périodes entre le premier et le sixième minimum

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{1}{100 \times 10^{-12}} \approx 1 \times 10^{10}$

$\dfrac{1}{91 \times 10^{-12}} \approx 1.098901 \times 10^{10}$

$\dfrac{340 \times (100 - 91)}{100 + 91} \approx 16.02094$

$\dfrac{340 \times (100 - 91)}{100 + 91} \times 3.6 \approx 57.67539$

COMPRENDRE

La relation correcte pour une onde réfléchie est $v = c\,\frac{f'-f}{f'+f}$. Avec ces courbes, elle donnerait $v \approx 1{,}4 \times 10^{7}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, absurde : à $16\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, le décalage réel n'est que d'environ 1 kHz sur 10 GHz.

COMPRENDRE

Même avec une marge de $3\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, comme celle annoncée pour le cinémomètre laser, on reste au-dessus de $50\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

MÉTHODE

Mesurer plusieurs périodes d'un coup ($5T'$) puis diviser : l'erreur de lecture est divisée d'autant. Ici, une erreur d'une picoseconde sur T' change v d'environ $6\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Spécialité : Microscopie au service de la biologie

Bac S 2012 Polynésie (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Calculer la distance focale de la lentille L₁ (objectif).

Données utiles $C_1 = 50\ \delta$

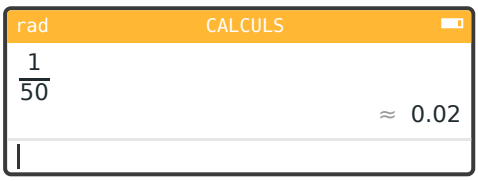
La distance focale est l'inverse de la vergence : $f'_1 = \dfrac{1}{C_1}$

$$f'_1 = \frac{1}{50} = 2{,}0 \times 10^{-2}\ \text{m}$$

$$\boxed{f'_1 = 2{,}0\ \text{cm}}$$

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $C_1 = 50\ \delta$. La dioptrie vaut $1\ \text{m}^{-1}$: le résultat sort en mètres.

À LA CALCULATRICE



1.2.1 À l'aide de la formule de conjugaison, montrer que l'image intermédiaire est telle que $\overline{O_1A_1} = 15$ cm.

Données utiles $\overline{O_1A} = -2{,}30$ cm ; $C_1 = 50\ \delta$

Relation de conjugaison de L₁ : $\dfrac{1}{\overline{O_1A_1}} - \dfrac{1}{\overline{O_1A}} = \dfrac{1}{f'_1} = C_1$, d'où

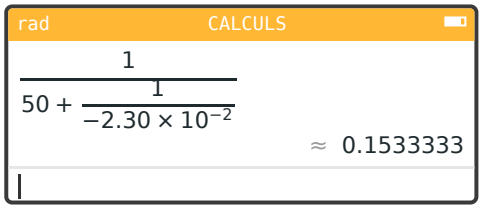
$$\overline{O_1A_1} = \frac{1}{C_1 + \dfrac{1}{\overline{O_1A}}}$$

$$\overline{O_1A_1} = \frac{1}{50 + \dfrac{1}{-2{,}30 \times 10^{-2}}} = 0{,}153\ \text{m}$$

$$\boxed{\overline{O_1A_1} = 15\ \text{cm}\ \text{(deux chiffres significatifs), valeur attendue : 15 cm.}}$$

PIÈGE
Oublier le signe de $\overline{O_1A}$: l'objet est avant la lentille, $\overline{O_1A} < 0$. Avec $+2{,}30$ cm, on trouve une valeur absurde.

À LA CALCULATRICE



1.2.2 Déterminer le grandissement de l'objectif.

Données utiles $\overline{O_1A_1} = 15{,}3$ cm (Q1.2.1) ; $\overline{O_1A} = -2{,}30$ cm

$$\gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}}$$

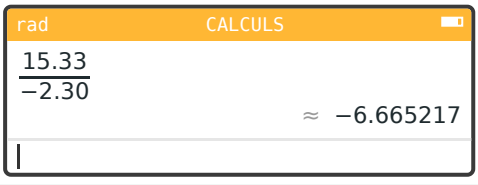
$$\gamma_1 = \frac{15{,}3}{-2{,}30} = -6{,}67$$

$$\boxed{\gamma_1 \approx -6{,}7\ \text{: image renversée, 6,7 fois plus grande que l'objet.}}$$

PIÈGE
Le grandissement est sans unité et négatif : image réelle renversée.

COMPRENDRE
En prenant la valeur arrondie 15 cm, on obtient $\gamma_1 = -6{,}5$; l'écart vient seulement de l'arrondi. Garder la valeur non arrondie en mémoire de la calculatrice.

À LA CALCULATRICE



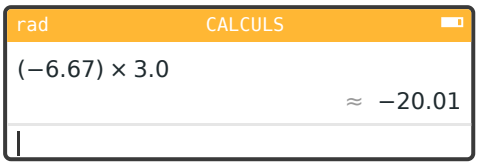
1.2.3 Montrer que la taille de l'image intermédiaire vaut $\overline{A_1B_1} = -2{,}0$ cm.

Données utiles $\overline{AB} = 3{,}0$ mm ; $\gamma_1 = -6{,}67$ (Q1.2.2)

$\overline{A_1B_1} = \gamma_1 \times \overline{AB} = -6{,}67 \times 3{,}0 = -20$ mm

$\overline{A_1B_1} = -2{,}0$ cm, valeur attendue : $-2{,}0$ cm.

À LA CALCULATRICE



1.3 Positionner l'image intermédiaire A₁B₁ sur le schéma de l'annexe 3 (aucun tracé de rayon exigé).

Données utiles $\overline{O_1A_1} = 15$ cm (Q1.2.1) ; $\overline{A_1B_1} = -2{,}0$ cm (Q1.2.3) ; échelle 1 cm pour 1 cm

On place A₁ sur l'axe optique à 15 cm à droite de O₁, puis B₁ à 2,0 cm sous l'axe, à la verticale de A₁ (image renversée).

A₁B₁ : flèche vers le bas, de 2,0 cm, à 15 cm après O₁ (voir annexe complétée en 1.4.2).

1.4.1 Déterminer graphiquement la position du centre optique O₂ de l'oculaire L₂ et placer cette lentille.

Données utiles A'B' donnée sur l'annexe 3 ; A₁B₁ placée en 1.3

A₁B₁ est l'objet de l'oculaire et A'B' son image. Un rayon passant par le centre optique n'est pas dévié : B₁, O₂ et B' sont alignés.

On trace la droite (B'B₁) : elle coupe l'axe optique en O₂. On y place L₂, perpendiculaire à l'axe.

$O_1O_2 \approx 19$ cm (mesure sur l'annexe : 19,2 cm).

PIÈGE
Le rayon réel part de B₁ ; sa partie entre B' et B₁ est un prolongement virtuel, à tracer en pointillés.

MÉTHODE
Lentille inconnue : la droite joignant un point objet à son point image coupe l'axe au centre optique.

1.4.2 Déterminer graphiquement la position du foyer image F'₂ et mesurer la distance focale f'_2.

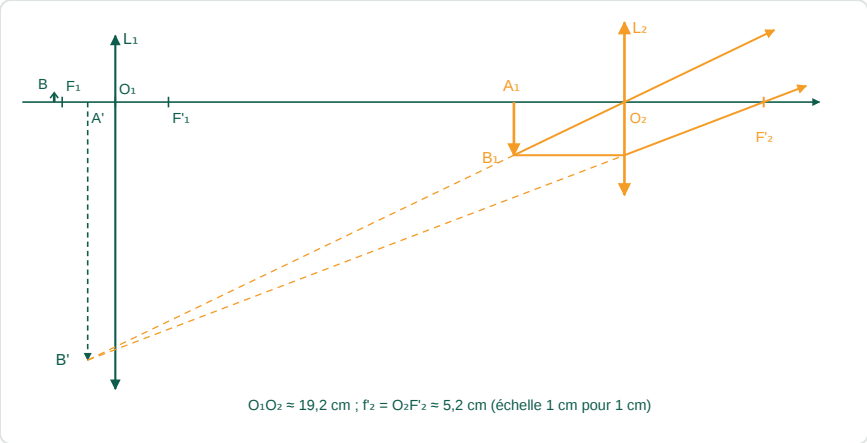
Données utiles O₂ placé en 1.4.1 ; échelle 1 cm pour 1 cm

Le rayon issu de B₁ parallèle à l'axe frappe L₂ en un point I, puis émerge en passant par F'₂ ; son prolongement en arrière passe par B'.

On trace la droite (B'I) : elle coupe l'axe optique en F'₂. On mesure $O_2F'_2$.

$f'_2 = \overline{O_2F'_2} \approx 5{,}2$ cm

COMPRENDRE
Une lecture graphique admet une tolérance d'environ $\pm 0{,}2$ cm. Le calcul par la relation de conjugaison avec ces positions donne la même valeur.



1.4.2 · Annexe 3 complétée (questions 1.3, 1.4.1 et 1.4.2), réduite

2.1.1 L'œil étant au foyer image de l'oculaire, où doit se former l'image intermédiaire A_1B_1 pour que l'image définitive soit à l'infini ?

Une image à l'infini est donnée par un objet placé dans le plan focal objet de la lentille.

A_1B_1 doit se former dans le plan focal objet de l'oculaire : A_1 confondu avec F_2.

PIÈGE
Confondre F_2 (foyer objet, avant L_2) et F'_2 (foyer image, après L_2).

2.1.2 Vérifier que, dans ces conditions, $\overline{O_1A} = -2{,}33$ cm.

Données utiles $\overline{O_1F_2} = 14{,}0$ cm ; $f'_1 = 2{,}0$ cm (Q1.1)

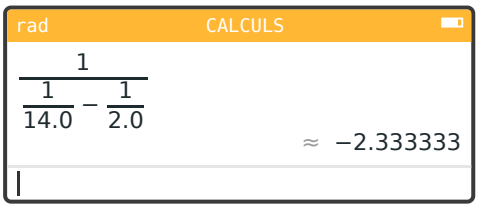
A_1 est en F_2 : $\overline{O_1A_1} = \overline{O_1F_2} = 14{,}0$ cm.

Relation de conjugaison de L_1 : $\dfrac{1}{\overline{O_1A}} = \dfrac{1}{\overline{O_1A_1}} - \dfrac{1}{f'_1}$, d'où $\overline{O_1A} = \dfrac{1}{\dfrac{1}{14{,}0} - \dfrac{1}{2{,}0}}$

$\overline{O_1A} = -2{,}33$ cm, valeur attendue : $-2{,}33$ cm.

COMPRENDRE
Toutes les distances sont en centimètres : inutile de convertir, à condition de ne pas mélanger cm et vergence en dioptries.

À LA CALCULATRICE



2.2.1 Un objet est discernable à l'œil nu si son diamètre apparent dépasse $3{,}5 \times 10^{-4}$ rad. Peut-on discerner une bactérie de 1,0 µm à l'œil nu ?

Données utiles $AB = 1{,}0\ \mu\text{m}$; $d = 25$ cm

Diamètre apparent : $\tan\alpha = \dfrac{AB}{d}$, et α petit : $\alpha \approx \dfrac{AB}{d}$

$\alpha = \dfrac{1{,}0 \times 10^{-6}}{0{,}25} = 4{,}0 \times 10^{-6}$ rad

$\alpha = 4{,}0 \times 10^{-6}$ rad $< 3{,}5 \times 10^{-4}$ rad : la bactérie n'est pas discernable à l'œil nu.

PIÈGE
L'approximation $\tan\alpha \approx \alpha$ n'est valable qu'avec α en radians. Convertir les deux longueurs dans la même unité.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{1.0 \times 10^{-6}}{0.25}$

$\approx 4 \times 10^{-6}$

2.2.2 Déterminer la taille de l'image intermédiaire $\overline{A_1B_1}$ de la bactérie.

Données utiles $\overline{O_1A_1} = 14{,}0$ cm et $\overline{O_1A} = -2{,}33$ cm (Q2.1.2) ; $\overline{AB} = 1{,}0\ \mu$m

Dans les conditions de la partie 2 : $\gamma_1 = \dfrac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} = \dfrac{14{,}0}{-2{,}33} = -6{,}0$

$\overline{A_1B_1} = \gamma_1 \times \overline{AB} = -6{,}0 \times 1{,}0$

$\boxed{\overline{A_1B_1} = -6{,}0\ \mu\text{m}}$

PIÈGE

Réutiliser $\gamma_1 = -6{,}7$ de la partie 1 : l'objet n'est plus au même endroit ($-2{,}33$ cm au lieu de $-2{,}30$ cm), le grandissement change.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{14.0}{-2.33}$

≈ -6.008584

2.2.3 En déduire l'angle α' sous lequel est vue l'image définitive et justifier l'usage d'un microscope.

Données utiles $f'_2 = 1{,}0$ cm ; $\overline{A_1B_1} = -6{,}0\ \mu$m (Q2.2.2) ; $\alpha = 4{,}0 \times 10^{-6}$ rad (Q2.2.1)

A_1 est en F_2 : les rayons issus de B_1 sortent parallèles, inclinés de α' sur l'axe. Le rayon passant par O_2 n'est pas dévié : $\tan\alpha' = \dfrac{A_1B_1}{f'_2}$, et α' petit :

$\alpha' = \dfrac{6{,}0 \times 10^{-6}}{1{,}0 \times 10^{-2}} = 6{,}0 \times 10^{-4}$ rad

$\alpha' > 3{,}5 \times 10^{-4}$ rad : à travers le microscope, la bactérie est discernable. Le grossissement vaut $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha} = \dfrac{6{,}0 \times 10^{-4}}{4{,}0 \times 10^{-6}} = 1{,}5 \times 10^{2}$.

$\alpha' = 6{,}0 \times 10^{-4}$ rad $> 3{,}5 \times 10^{-4}$ rad : le microscope rend la bactérie visible.

MÉTHODE

Image à l'infini : l'angle se lit dans le triangle $O_2A_1B_1$, avec la distance focale de l'oculaire comme côté adjacent.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{6.0 \times 10^{-6}}{1.0 \times 10^{-2}}$

$\approx 6 \times 10^{-4}$

$\dfrac{6.0 \times 10^{-4}}{4.0 \times 10^{-6}}$

≈ 150

2.3 Quel est l'intérêt de placer l'œil au foyer image de l'oculaire ou près de celui-ci ?

Toute la lumière qui traverse l'objectif puis l'oculaire passe par le cercle oculaire, image de la monture de l'objectif par l'oculaire ; il se trouve pratiquement au foyer image F'_2.

L'œil placé en F'_2 (sur le cercle oculaire) recueille toute la lumière venant de l'objet : image la plus lumineuse et champ le plus large.

COMPRENDRE

Le cercle oculaire est très petit, de l'ordre de la taille de la pupille : c'est le meilleur emplacement pour l'œil.