Corrigé complet — Bac S 2006 La Réunion (ancien programme)

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

Ex 1	**La pile cuivre aluminium et le condensateur** Pile et polarité · Quotient de réaction et évolution spontanée · Quantité d'électricité · Circuit RC et constante de temps · Énergie d'un condensateur	8 pts	1 h 44	22 questions	p. 2
Ex 2	**Le parfum de la poire** Ester · Estérification · Catalyseur · Tableau d'avancement · Vitesse volumique · Temps de demi-réaction	4 pts	52 min	16 questions	p. 9
Ex 3	**Propagation d'une onde** Onde transversale et onde longitudinale · Célérité d'une onde · Longueur d'onde et période · Milieu dispersif · Diffraction	4 pts	52 min	10 questions	p. 13
Ex 4	**Spécialité : Produire un son** Ondes stationnaires sur une corde · Mode fondamental et harmoniques · Relation entre célérité, fréquence et longueur d'onde · Période et fréquence d'un son · Analyse spectrale · Hauteur d'un son	4 pts	52 min	10 questions	p. 17

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.

La pile cuivre aluminium et le condensateur

Bac S 2006 La Réunion (ancien programme) · Exercice 1 **8 points** **Durée conseillée 1 h 44**

I.1 Quelle est la polarité de la pile ?

Données utiles borne COM sur l'électrode d'aluminium ; $U = +1{,}8$ V

Le voltmètre affiche la différence de potentiel entre sa borne V et sa borne COM : $U = V_{Cu} - V_{Al}$.

Comme $U > 0$, on a $V_{Cu} > V_{Al}$.

La lame de cuivre est la borne positive, la lame d'aluminium la borne négative.

PIÈGE
Répondre sans justifier. C'est le signe de U, associé à la position de la borne COM, qui donne la polarité : avec la borne COM sur le cuivre, on lirait $-1{,}8$ V.

I.2 Quel est le rôle du pont salin ?

Le pont salin relie électriquement les deux solutions : ses ions se déplacent et ferment le circuit, ce qui permet au courant de passer.

Il assure le passage du courant entre les deux béchers et maintient chaque solution électriquement neutre.

COMPRENDRE
Sans pont, la solution côté aluminium s'enrichirait en charges positives et celle côté cuivre s'en appauvrirait : la pile s'arrêterait aussitôt.

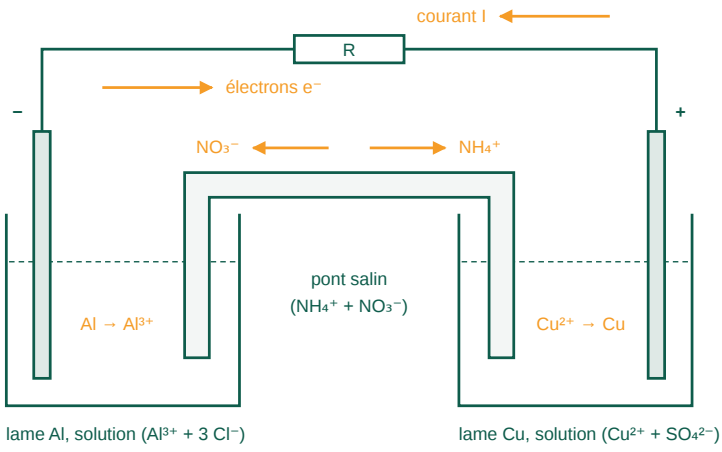
II.1 Faire un schéma légendé de la pile reliée à un conducteur ohmique : sens du courant, déplacement des porteurs de charge à l'intérieur et à l'extérieur de la pile.

À l'extérieur de la pile, le courant va de la borne $+$ (cuivre) vers la borne $-$ (aluminium) en traversant le conducteur ohmique. Les porteurs de charge sont les électrons, qui circulent en sens inverse : de l'aluminium vers le cuivre.

À l'intérieur de la pile, les porteurs de charge sont les ions. Les cations (NH_4^+ du pont, Al^{3+}, Cu^{2+}) se déplacent vers le bécher du cuivre ; les anions (NO_3^- du pont, Cl^-, SO_4^{2-}) vers le bécher de l'aluminium.

Courant : du cuivre vers l'aluminium dans le circuit extérieur ; électrons : de l'aluminium vers le cuivre.

PIÈGE
Faire circuler des électrons dans les solutions ou dans le pont salin. En solution, seuls les ions transportent la charge.



II.1 · Pile cuivre-aluminium en fonctionnement : courant, électrons et ions

II.2 Écrire et nommer les réactions qui se produisent aux électrodes.

Les électrons arrivent sur la lame de cuivre (borne $+$) : ils y sont consommés. C'est une **réduction** :

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

Les électrons partent de la lame d'aluminium (borne $-$) : ils y sont libérés. C'est une **oxydation** :

$$\mathrm{Al\,(s) = Al^{3+}\,(aq) + 3\,e^-}$$

Réduction des ions cuivre(II) à l'électrode de cuivre ; oxydation de l'aluminium à l'électrode d'aluminium.

MÉTHODE
La borne négative fournit les électrons au circuit : il s'y produit toujours l'oxydation (anode). La borne positive les reçoit : il s'y produit la réduction (cathode).

II.3 Montrer que la transformation entre les deux couples peut s'écrire $\mathrm{3\,Cu^{2+} + 2\,Al = 3\,Cu + 2\,Al^{3+}}$.

Le nombre d'électrons captés est égal au nombre d'électrons cédés. On multiplie la réduction par 3 et l'oxydation par 2 pour échanger 6 électrons :

$\mathrm{3\,Cu^{2+}\,(aq) + 6\,e^- = 3\,Cu\,(s)}$ et $\mathrm{2\,Al\,(s) = 2\,Al^{3+}\,(aq) + 6\,e^-}$

En additionnant membre à membre, les électrons se simplifient :

$$\mathrm{3\,Cu^{2+}\,(aq) + 2\,Al\,(s) = 3\,Cu\,(s) + 2\,Al^{3+}\,(aq)}$$

PIÈGE
Laisser des électrons dans l'équation finale, ou oublier de vérifier la conservation des charges : $3 \times 2 = 6$ charges positives à gauche, $2 \times 3 = 6$ à droite.

II.4.1 Calculer le quotient de réaction initial.

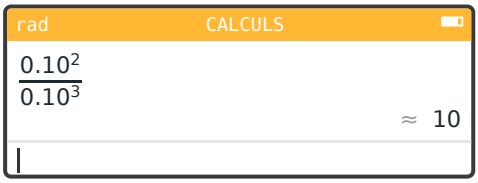
Données utiles $[\mathrm{Al^{3+}}]_i = [\mathrm{Cu^{2+}}]_i = 0{,}10\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$

Les solides n'apparaissent pas dans le quotient de réaction :

$$Q_{r,i} = \frac{[\mathrm{Al^{3+}}]_i^2}{[\mathrm{Cu^{2+}}]_i^3} = \frac{0{,}10^2}{0{,}10^3}$$

$$Q_{r,i} = 10$$

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Oublier les exposants (nombres stœchiométriques 2 et 3) ou faire figurer $\mathrm{Cu\,(s)}$ et $\mathrm{Al\,(s)}$ dans l'expression.

COMPRENDRE
Le quotient de réaction est sans unité : chaque concentration est implicitement divisée par $c^\circ = 1\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.

II.4.2 Montrer, avec le critère d'évolution spontanée, que le sens d'évolution est cohérent avec le fonctionnement de la pile.

Données utiles $K = 10^{20}$; $Q_{r,i} = 10$ (II.4.1)

$Q_{r,i} = 10 < K = 10^{20}$: le système évolue spontanément dans le sens direct de l'équation.

Dans ce sens, Al est oxydé et cède des électrons, $\mathrm{Cu^{2+}}$ est réduit et en capte : les électrons vont bien de l'aluminium vers le cuivre dans le circuit.

Sens direct : l'aluminium est la borne négative et le cuivre la borne positive, en accord avec la mesure de la partie I.

MÉTHODE
Comparer $Q_{r,i}$ à K : si $Q_{r,i} < K$, évolution en sens direct ; si $Q_{r,i} > K$, en sens inverse ; si $Q_{r,i} = K$, le système est à l'équilibre.

III.1 Calculer la quantité d'électricité Q échangée pendant 1 h 30 min.

Données utiles $I = 40$ mA ; $\Delta t = 1$ h 30 min

L'intensité est constante : $Q = I \times \Delta t$, avec $I = 40 \times 10^{-3}$ A et $\Delta t = 90 \times 60 = 5\,400$ s.

$$Q = 40 \times 10^{-3} \times 5\,400 = 216 \text{ C}$$

$\boxed{Q = 2{,}2 \times 10^{2} \text{ C}}$

PIÈGE
Laisser l'intensité en mA ou la durée en minutes : le coulomb est l'ampère-seconde.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $I = 40$ mA. On garde 216 C, non arrondi, pour les calculs suivants.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
0.040 × 90 × 60
≈ 216

III.2 Calculer la quantité de matière d'électrons n_e échangée pendant cette durée.

Données utiles $F = 9{,}65 \times 10^{4}$ C · mol^{-1} ; $Q = 216$ C (III.1)

Une mole d'électrons porte, en valeur absolue, la charge F : $Q = n_e \times F$, donc $n_e = \dfrac{Q}{F}$.

$$n_e = \frac{216}{9{,}65 \times 10^{4}}$$

$\boxed{n_e = 2{,}2 \times 10^{-3} \text{ mol}}$

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
$\dfrac{216}{9.65 \times 10^{4}}$
≈ 0.002238342

III.3 Donner la relation entre n_e et n_{Al}, quantité de matière d'aluminium ayant disparu.

D'après $\text{Al(s)} = \text{Al}^{3+}\text{(aq)} + 3\,\text{e}^{-}$, chaque atome d'aluminium oxydé libère 3 électrons : $n_e = 3\,n_{\text{Al}}$.

$\boxed{n_{\text{Al}} = \dfrac{n_e}{3}}$

PIÈGE
Utiliser le nombre stœchiométrique 2 de l'équation bilan. C'est la demi-équation de l'aluminium, avec ses 3 électrons, qui relie n_e à n_{Al}.

III.4 Calculer la perte de masse de l'électrode d'aluminium.

Données utiles $M(\text{Al}) = 27$ g · mol^{-1} ; $n_e = 2{,}24 \times 10^{-3}$ mol (III.2) ; $n_{\text{Al}} = n_e/3$ (III.3)

$$m_{\text{Al}} = n_{\text{Al}} \times M(\text{Al}) = \frac{n_e}{3} \times M(\text{Al}) = \frac{I\,\Delta t}{3F} \times M(\text{Al})$$

$$m_{\text{Al}} = \frac{216}{3 \times 9{,}65 \times 10^{4}} \times 27 = 2{,}0 \times 10^{-2} \text{ g}$$

L'électrode d'aluminium perd $m_{\text{Al}} = 2{,}0 \times 10^{-2}$ g, soit 20 mg.

MÉTHODE
Chaîne à retenir pour toute pile ou électrolyse : $Q = I\,\Delta t$, puis $n_e = Q/F$, puis la demi-équation pour passer à l'espèce, enfin $m = n \times M$.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
$\dfrac{216}{3 \times 9.65 \times 10^{4}} \times 27$
≈ 0.02014508

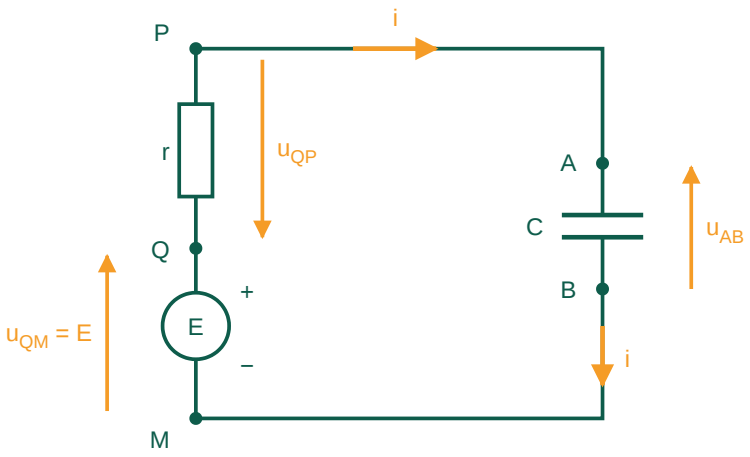
IV.1 Recopier le schéma en représentant le sens du courant pendant la charge du condensateur et les flèches des tensions u_{QM}, u_{QP} et u_{AB}.

Le courant sort du générateur par sa borne positive Q (pointe de la flèche E) : il traverse r de Q vers P, arrive sur l'armature A et revient par B vers M.

La flèche d'une tension u_{XY} part de Y et pointe vers X : u_{QM} pointe vers Q, u_{QP} pointe vers Q, u_{AB} pointe vers A.

Courant de Q vers P, puis de P vers A et de B vers M ; flèches tracées sur le schéma.

PIÈGE
Inverser une flèche. u_{QP} va de P vers Q : elle est opposée au sens du courant dans r (convention récepteur), donc $u_{QP} = r\,i$ est positive.



IV.1 · Charge du condensateur : sens du courant et flèches des tensions

IV.2 Quel est le signe de la charge prise par l'armature A du condensateur au cours de la charge ?

L'armature A est reliée, à travers r, à la borne positive Q du générateur. Le courant arrive sur A : des électrons quittent cette armature.

L'armature A porte une charge positive : $q_A > 0$ (et l'armature B porte la charge opposée $-q_A$).

COMPRENDRE
Aucune charge ne traverse l'isolant du condensateur : les électrons arrachés à A sont amenés par le générateur sur B, qui se charge négativement.

IV.3 La charge q_A est proportionnelle à la tension u_{AB}. Quels sont le nom et l'unité du coefficient de proportionnalité ?

$q_A = C \times u_{AB}$, avec q_A en coulombs et u_{AB} en volts.

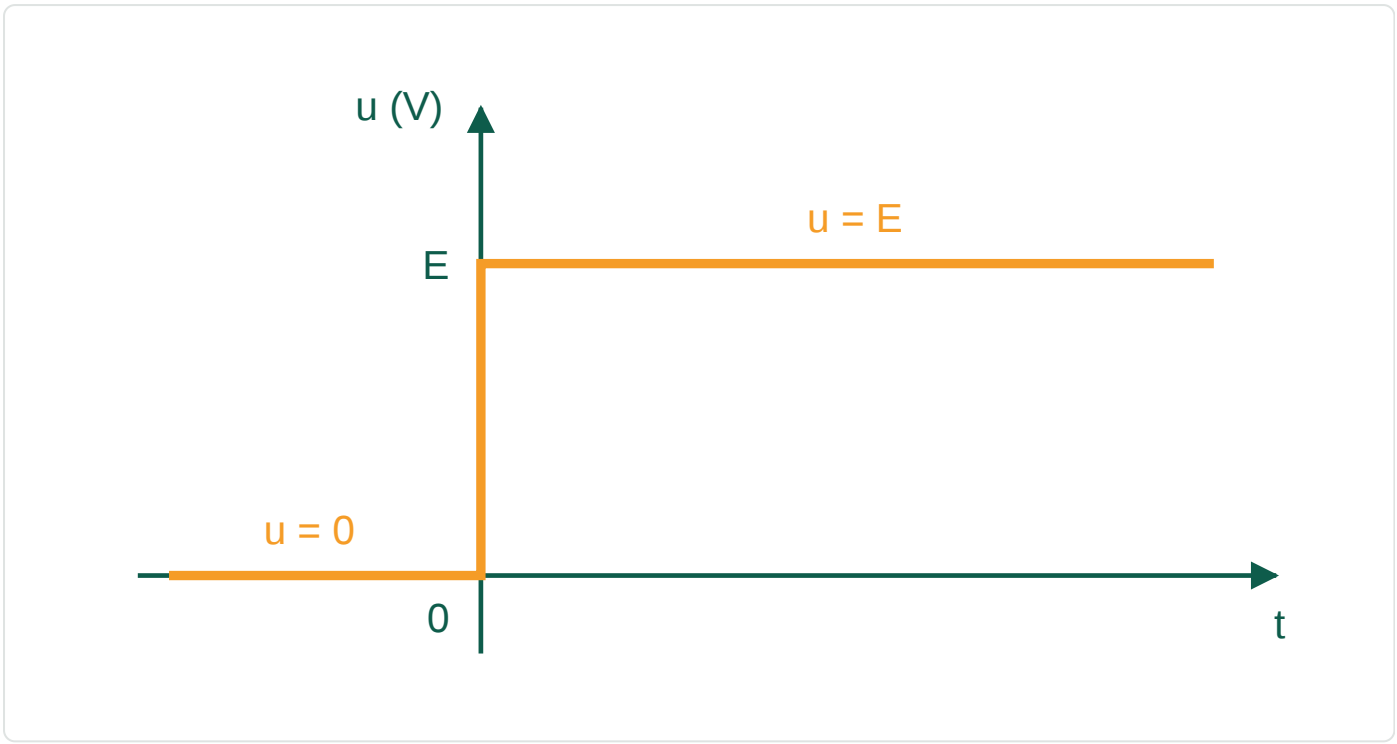
Le coefficient C est la capacité du condensateur ; elle s'exprime en farads (symbole F).

PIÈGE
Confondre le farad, unité de capacité, avec le faraday $F = 9{,}65 \times 10^4\ \text{C} \cdot \text{mol}^{-1}$ de la partie III : même lettre, grandeurs sans rapport.

V.1 À l'aide d'un graphique, expliquer ce qu'est un échelon de tension E.

La tension appliquée au circuit est nulle avant la date $t = 0$, puis elle passe instantanément à la valeur E et garde ensuite cette valeur constante.

Échelon de tension : passage brutal de la tension de 0 à la valeur constante E.



V.1 · Échelon de tension : la tension passe de 0 à E à la date t = 0

V.2.1 Dans l'équation différentielle $E = r\,C\,\dfrac{\mathrm{d}u_{AB}}{\mathrm{d}t} + u_{AB}$, que représente la grandeur C ?

C est la capacité du condensateur, en farads.

COMPRENDRE
L'équation vient de la loi des mailles $E = r\,i + u_{AB}$, avec $i = \dfrac{\mathrm{d}q_A}{\mathrm{d}t} = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_{AB}}{\mathrm{d}t}$.

V.2.2 La solution de l'équation différentielle est $u_{AB} = E\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$. En déduire l'expression de la constante τ.

On dérive la solution : $\dfrac{\mathrm{d}u_{AB}}{\mathrm{d}t} = \dfrac{E}{\tau}\,e^{-t/\tau}$.

On reporte dans l'équation différentielle :

$$r\,C\,\frac{E}{\tau}\,e^{-t/\tau} + E - E\,e^{-t/\tau} = E \quad \text{soit} \quad E\,e^{-t/\tau}\left(\frac{r\,C}{\tau} - 1\right) = 0$$

Cette égalité doit être vraie à toute date t, or $E\,e^{-t/\tau}$ ne s'annule jamais : il faut $\dfrac{r\,C}{\tau} - 1 = 0$.

$\tau = r\,C$

PIÈGE
Erreur de signe en dérivant : la dérivée de $-e^{-t/\tau}$ est $+\dfrac{1}{\tau}\,e^{-t/\tau}$.

MÉTHODE
Pour identifier une constante : dériver la solution proposée, la reporter dans l'équation différentielle, factoriser l'exponentielle, puis annuler son coefficient.

V.2.3 Quelle est l'unité de τ ? Le vérifier par analyse dimensionnelle. Quel nom donne-t-on à τ ?

τ s'exprime en secondes.

Loi d'Ohm $u = r\,i$: r est une tension divisée par une intensité, $[r] = \dfrac{[U]}{[I]}$.

Condensateur : $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}$, donc C est une intensité multipliée par une durée et divisée par une tension, $[C] = \dfrac{[I]\,[T]}{[U]}$.

$$[r\,C] = \frac{[U]}{[I]} \times \frac{[I]\,[T]}{[U]} = [T]$$

$\tau = r\,C$ est homogène à une durée, en secondes : c'est la constante de temps du circuit (temps caractéristique de la charge).

COMPRENDRE
Vérification rapide par les unités : $\Omega = \mathrm{V}\cdot\mathrm{A}^{-1}$ et $\mathrm{F} = \mathrm{C}\cdot\mathrm{V}^{-1} = \mathrm{A}\cdot\mathrm{s}\cdot\mathrm{V}^{-1}$, donc $\Omega\cdot\mathrm{F} = \mathrm{s}$.

V.2.4 Quelles valeurs, écrites en fonction de E, prend la tension u_{AB} aux dates $t = \tau$, 3τ, 5τ et 10τ ?

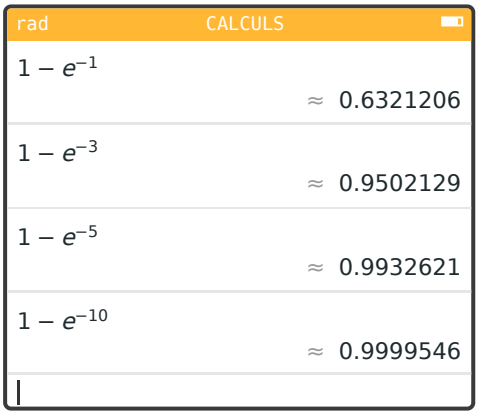
À la date $t = k\,\tau$: $u_{AB} = E\left(1 - e^{-k}\right)$.

- $t = \tau$: $u_{AB} = E\,(1 - e^{-1}) = 0{,}63\,E$
- $t = 3\tau$: $u_{AB} = E\,(1 - e^{-3}) = 0{,}95\,E$
- $t = 5\tau$: $u_{AB} = E\,(1 - e^{-5}) = 0{,}993\,E$
- $t = 10\tau$: $u_{AB} = E\,(1 - e^{-10}) = 0{,}99995\,E \approx E$

u_{AB} vaut $0{,}63\,E$; $0{,}95\,E$; $0{,}993\,E$; puis pratiquement E.

COMPRENDRE
Repères à connaître : 63 % de la tension finale à τ, et charge considérée comme terminée à 5τ (plus de 99 %).

À LA CALCULATRICE



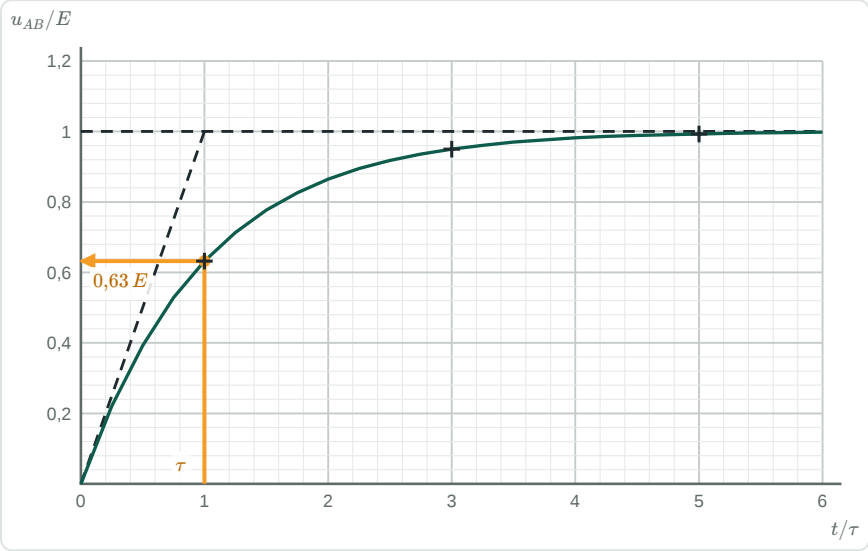
V.2.5 À partir de ces résultats, dessiner l'allure de la courbe $u_{AB} = f(t)$ de $t = 0$ à environ $t = 6\tau$.

Données utiles $0{,}63\,E$ à τ ; $0{,}95\,E$ à 3τ ; $0{,}993\,E$ à 5τ (V.2.4)

La courbe part de l'origine ($u_{AB} = 0$ à $t = 0$), croît de moins en moins vite en passant par les trois points calculés, et tend vers l'asymptote horizontale $u_{AB} = E$.

Courbe croissante de 0 vers E, passant par $0{,}63\,E$ à $t = \tau$ et confondue avec l'asymptote à partir de 5τ environ.

MÉTHODE
La tangente à l'origine coupe l'asymptote $u_{AB} = E$ à la date $t = \tau$: la tracer en premier guide le dessin de la courbe.



V.2.5 · Allure de la charge : la tension tend vers E

VI.1 Quelle est l'énergie maximale emmagasinée dans le condensateur ?

Données utiles $C = 100$ mF ; tension de charge $E = 1{,}8$ V

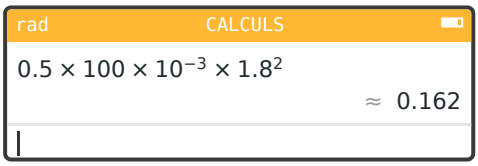
Le sujet note E à la fois la tension et l'énergie : on note ici W l'énergie.
Le condensateur chargé a pour tension $u_{AB} = E$:

$$W = \frac{1}{2} C E^2 = \frac{1}{2} \times 100 \times 10^{-3} \times 1{,}8^2 = 0{,}162 \text{ J}$$

$W = 0{,}16$ J

PIÈGE
Oublier de convertir 100 mF en 0,100 F, ou oublier le carré sur la tension.

À LA CALCULATRICE



VI.2 De quelle hauteur h pourrait monter le solide si le transfert d'énergie se faisait avec un rendement de 100 % ?

Données utiles $m = 100$ g ; $g = 10$ m · s^{-2} ; $W = 0{,}162$ J (VI.1)

Le solide monte à vitesse constante : son énergie cinétique ne varie pas, seule son énergie potentielle de pesanteur augmente, de $m\,g\,h$.

Avec un rendement de 100 %, toute l'énergie du condensateur est transférée au solide : $m\,g\,h = W$, donc

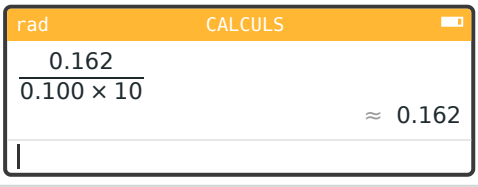
$$h = \frac{W}{m\,g} = \frac{C\,E^2}{2\,m\,g} = \frac{0{,}162}{0{,}100 \times 10}$$

$h = 0{,}16$ m, soit 16 cm.

PIÈGE
Laisser la masse en grammes : $m = 0{,}100$ kg. Avec 100 g, on trouverait une hauteur mille fois trop petite.

COMPRENDRE
En réalité le rendement est inférieur à 100 % (effet Joule, frottements) : la hauteur atteinte serait plus faible que 16 cm.

À LA CALCULATRICE



Le parfum de la poire

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

I.1 Nommer la fonction chimique présente dans la molécule d'éthanoate de pentyle.

La molécule contient l'enchaînement $-CO-O-C$: un carbone doublement lié à un oxygène et lié à un second oxygène, lui-même lié à un carbone.

C'est la fonction **ester**.

PIÈGE
Ne pas répondre « acide carboxylique » : dans un acide, le groupe est $-COOH$, avec un hydrogène sur l'oxygène. Ici l'oxygène porte une chaîne carbonée.

1.2.1 Le réactif A est l'acide carboxylique. Quelle fonction organique contient le réactif B ? Écrire sa formule semi-développée.

Un ester s'obtient à partir d'un acide carboxylique et d'un alcool : B contient la fonction **alcool** (groupe hydroxyle $-OH$).

B apporte la chaîne à cinq carbones liée à l'oxygène de l'ester.

B : $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

MÉTHODE
Couper l'ester au niveau de la liaison $CO-O$: le côté du $C{=}O$ vient de l'acide (ici deux carbones), le côté de l'oxygène vient de l'alcool (ici cinq carbones).

1.2.2 Écrire l'équation de la réaction chimique conduisant à la formation de l'éthanoate de pentyle.

$$CH_3-COOH + C_5H_{11}-OH = CH_3-COO-C_5H_{11} + H_2O$$

COMPRENDRE
Le signe « = » rappelle que la transformation est limitée : la réaction inverse, l'hydrolyse de l'ester, a lieu en même temps.

1.2.3 Nommer les réactifs A et B dans la nomenclature officielle, ainsi que l'autre produit formé au cours de cette synthèse.

- A, acide à deux carbones : **acide éthanoïque** (l'acide acétique du texte).
- B, alcool à cinq carbones, hydroxyle sur le carbone 1 : **pentan-1-ol** (l'alcool amylique du texte).

A : acide éthanoïque ; B : pentan-1-ol ; autre produit : **eau**.

PIÈGE
Écrire seulement « pentanol » est incomplet : il faut l'indice de position du groupe hydroxyle.

1.2.4 Quel est le nom de cette synthèse ?

C'est une **estérification**.

II.1 Décrire une méthode opératoire permettant de suivre l'évolution de la quantité de matière du réactif A au cours du temps.

On suit l'acide éthanoïque restant par des titrages successifs.

- On répartit le mélange réactionnel en plusieurs tubes identiques, placés au même instant dans un bain thermostaté à 25 °C : c'est la date $t = 0$.
- À une date t choisie, on sort un tube et on verse son contenu dans de l'eau glacée (trempe) : la transformation est stoppée.
- On titre alors l'acide restant par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration connue, en présence d'un indicateur coloré (phénolphtaléine). L'équivalence donne la quantité d'acide dans le tube, puis dans tout le mélange par proportionnalité.
- On recommence avec un autre tube à chaque date.

Trempe puis titrage acido-basique de l'acide restant, tube après tube.

COMPRENDRE
La trempe agit sur deux facteurs cinétiques : le froid et la dilution ralentissent tellement l'estérification que la composition ne change plus pendant le titrage.

II.2.1 Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?

L'acide sulfurique est un **catalyseur** : il accélère la réaction, sans modifier l'état final.

II.2.2 L'acide sulfurique intervient-il dans l'équation de la réaction ?

Non : un catalyseur est consommé puis régénéré, il n'apparaît pas dans l'équation.

II.3.1.a Établir un tableau descriptif de l'évolution du système avec l'état initial, un état intermédiaire et l'état du système à la date $t = 60$ min.

Données utiles $n_A(0) = n_B(0) = 0{,}50$ mol ; à $t = 60$ min, $n = 0{,}33$ mol d'ester

Quantités de matière en mol ; E désigne l'ester.

	A	+ B	= E	+ H_2O
Initial ($x = 0$)	0,50	0,50	0	0
Intermédiaire (x)	$0{,}50 - x$	$0{,}50 - x$	x	x
$t = 60$ min	0,17	0,17	0,33	0,33

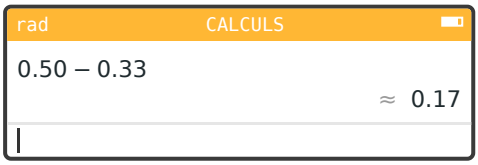
À $t = 60$ min, la quantité d'ester formée donne $x = 0{,}33$ mol, donc il reste $0{,}50 - 0{,}33 = 0{,}17$ mol de A et de B.

À $t = 60$ min : 0,17 mol de A, 0,17 mol de B, 0,33 mol d'ester, 0,33 mol d'eau.

PIÈGE
Écrire $x_{max} = 0{,}50$ mol dans la dernière ligne. La transformation n'est pas totale : la ligne à 60 min se remplit avec la valeur mesurée, 0,33 mol.

COMPRENDRE
Chiffres significatifs : pour une soustraction, on garde la précision du terme le moins précis, ici le centième de mole.

À LA CALCULATRICE



II.3.1.b Donner la relation entre la quantité n d'éthanoate de pentyle et l'avancement x.

D'après la colonne de l'ester dans le tableau (nombre stœchiométrique 1, quantité initiale nulle) :

$n = x$

II.3.2.a Définir la vitesse volumique de la réaction de formation de l'éthanoate de pentyle.

La vitesse volumique de réaction est la dérivée de l'avancement par rapport au temps, divisée par le volume V du mélange réactionnel.
Comme $n = x$:

$$v = \frac{1}{V}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{V}\frac{\mathrm{d}n}{\mathrm{d}t}$$

COMPRENDRE
Le programme actuel parle de vitesse volumique d'apparition de l'ester, $\frac{\mathrm{d}[\mathrm{E}]}{\mathrm{d}t}$. Le volume étant constant et $n = x$, c'est ici la même grandeur.

II.3.2.b Comment évolue cette vitesse de réaction au cours du temps ? Quel facteur cinétique permet d'expliquer cette évolution ?

V étant constant, v est proportionnelle à $\frac{\mathrm{d}n}{\mathrm{d}t}$, coefficient directeur de la tangente à la courbe $n = f(t)$. Les tangentes sont de moins en moins inclinées, puis horizontales.

La vitesse **diminue** au cours du temps, jusqu'à s'annuler. Facteur cinétique : la **concentration des réactifs**, qui diminue.

PIÈGE
Citer la température ou le catalyseur : ils sont constants pendant l'expérience et ne peuvent pas expliquer une variation de la vitesse.

II.3.2.c Quel est l'état du système à partir de $t = 50$ min ?

À partir de 50 min, n reste égale à $0{,}33$ mol : la composition du système ne change plus. Il reste pourtant $0{,}17$ mol de chaque réactif.

Le système a atteint son état final, qui est un **état d'équilibre** (transformation non totale).

COMPRENDRE
L'équilibre est dynamique : estérification et hydrolyse continuent, à la même vitesse, si bien que les quantités ne varient plus.

II.3.3 Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. Le déterminer graphiquement.

Données utiles $n_f = x_f = 0{,}33$ mol (II.3.1.a)

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

Comme $n = x$: $n(t_{1/2}) = \frac{n_f}{2} = \frac{0{,}33}{2} = 0{,}165$ mol.

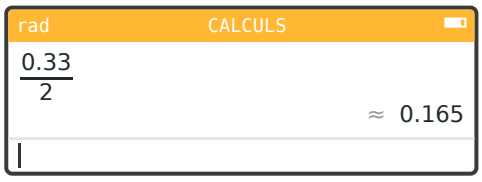
Sur la figure 1, le point de la courbe d'ordonnée $0{,}165$ mol a pour abscisse environ $6{,}5$ min.

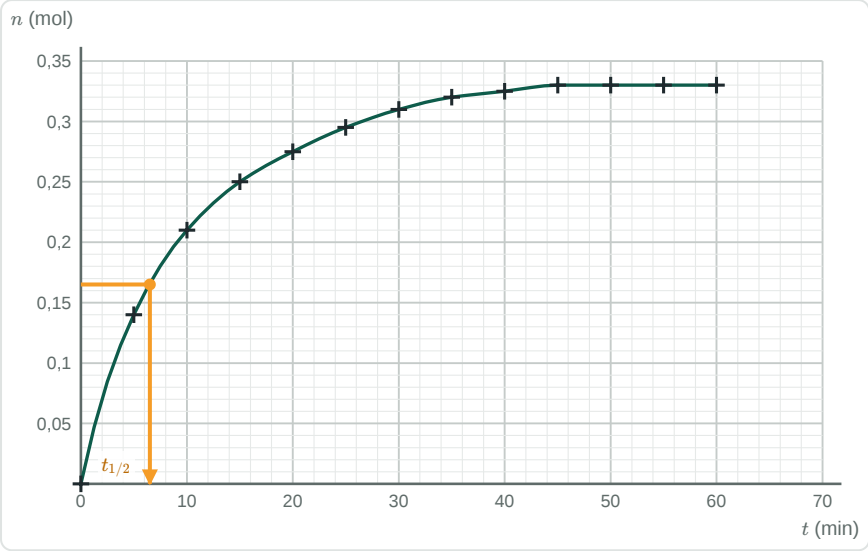
$t_{1/2} \approx 6{,}5$ min

PIÈGE
Prendre la moitié de $0{,}50$ mol, ou la moitié de la durée de l'expérience. La référence est l'avancement final réellement atteint, $0{,}33$ mol.

COMPRENDRE
Le tableau encadre la lecture : $0{,}14$ mol à 5 min et $0{,}21$ mol à 10 min. Toute valeur entre 6 et 7 min, tracé à l'appui, est acceptable.

À LA CALCULATRICE





II.3.3 · Figure 1 de l'annexe : lecture du temps de demi-réaction

II.3.4.a La synthèse est faite sans ajout d'acide sulfurique. Comment évolue le temps de demi-réaction par rapport à celui de la question précédente ?

Sans catalyseur, la transformation est plus lente : il faut plus de temps pour atteindre la moitié de l'avancement final, lui-même inchangé.

Le temps de demi-réaction **augmente**.

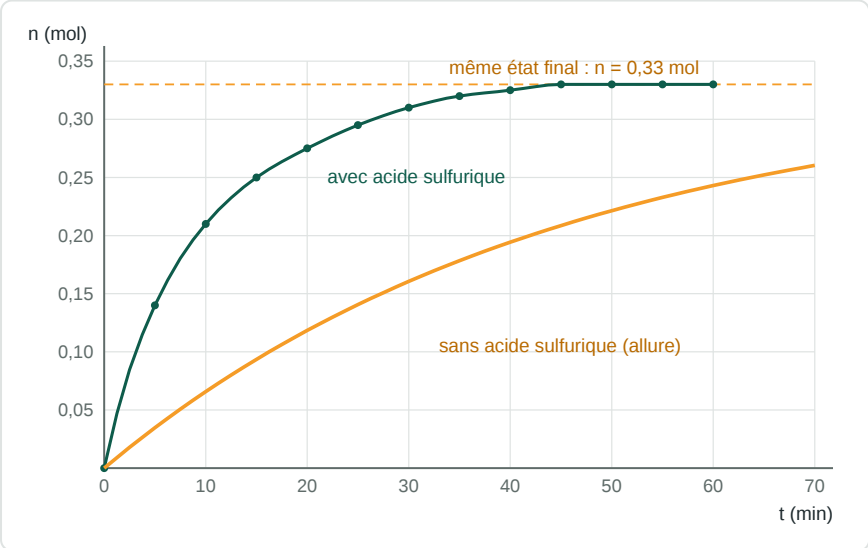
II.3.4.b Tracer sur la figure 1 de l'annexe l'allure de la courbe $n = f(t)$ lorsqu'il n'y a pas d'ajout d'acide sulfurique. Préciser l'état final du système.

La nouvelle courbe part de l'origine, reste en dessous de la première (pente plus faible à chaque date) et tend vers la même asymptote.

État final inchangé : $n_f = 0{,}33$ mol d'ester ($0{,}17$ mol de A et de B), atteint plus tard, éventuellement après 60 min.

PIÈGE
Tracer un palier plus bas que $0{,}33$ mol : ce serait affirmer que le catalyseur change l'état final.

COMPRENDRE
Un catalyseur modifie la durée de la transformation, pas la composition à l'équilibre.



II.3.4.b · Figure 1 de l'annexe complétée : allure de la courbe sans catalyseur

Propagation d'une onde

Bac S 2006 La Réunion (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

I.1 Définir une onde transversale et une onde longitudinale. À quelle catégorie appartient l'onde créée par la goutte d'eau ?

Onde **transversale** : la perturbation du milieu se fait dans une direction perpendiculaire à la direction de propagation.

Onde **longitudinale** : la perturbation du milieu se fait dans la même direction que la propagation.

Ici, l'eau se soulève verticalement alors que l'onde avance horizontalement à la surface.

L'onde créée par la goutte d'eau est **transversale**.

COMPRENDRE
Exemples à connaître : onde le long d'une corde (transversale), onde sonore ou compression d'un ressort (longitudinale). Dans tous les cas, l'onde transporte de l'énergie sans transport de matière.

I.2 Calculer la célérité c de l'onde pour les deux épaisseurs d'eau du document 1.

Données utiles 24 images par seconde ; document 1 à l'échelle 1 ; fronts d'onde des images n° 1, 7, 8 et 14

Durée entre deux images consécutives : $\tau = \dfrac{1}{24}$ s.

Épaisseur $e_1 = 3$ mm : de l'image n° 1 à l'image n° 7, il y a 6 intervalles, donc $\Delta t_1 = 6\,\tau$. Sur le document, le front d'onde a avancé de $d_1 = 4{,}8$ cm (mesure le long de l'axe en pointillés).

$$c_1 = \frac{d_1}{\Delta t_1} = \frac{4{,}8}{6 \times \frac{1}{24}} = 19 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

Épaisseur $e_2 = 1$ mm : de l'image n° 8 à l'image n° 14, $\Delta t_2 = 6\,\tau$ et $d_2 = 4{,}0$ cm.

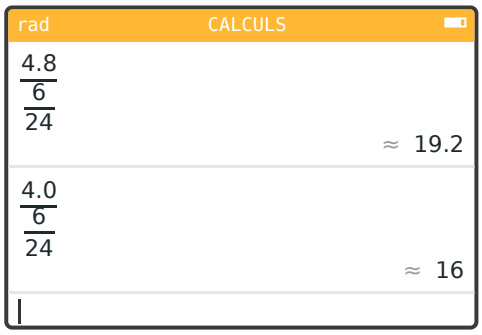
$$c_2 = \frac{d_2}{\Delta t_2} = \frac{4{,}0}{6 \times \frac{1}{24}} = 16 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

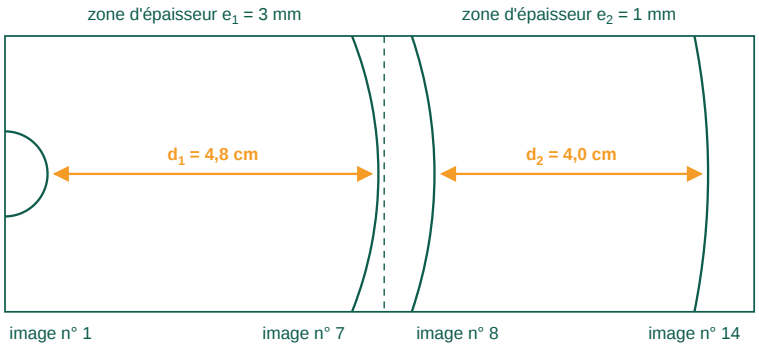
$c_1 = 19 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ (soit $0{,}19 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) pour e_1 et $c_2 = 16 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ (soit $0{,}16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) pour e_2.

PIÈGE
Entre l'image n° 1 et l'image n° 7, il y a 6 intervalles de temps, pas 7. Ne pas utiliser les images n° 7 et n° 8 ensemble : entre les deux, le front change de zone.

COMPRENDRE
Les distances sont mesurées à la règle au millimètre près : deux chiffres significatifs, donc deux chiffres pour la célérité. Un écart d'un millimètre sur la mesure reste accepté.

À LA CALCULATRICE





I.2 · Document 1 : distances parcourues par le front d'onde dans chaque zone

I.3 Comment varie, dans cet exemple, la célérité c de l'onde en fonction de l'épaisseur de l'eau ?

Données utiles $c_1 = 19 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ pour $e_1 = 3$ mm et $c_2 = 16 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ pour $e_2 = 1$ mm (I.2)

$e_2 < e_1$ et $c_2 < c_1$.

La célérité de l'onde diminue quand l'épaisseur de l'eau diminue.

II.1 Comment appelle-t-on la distance séparant deux franges brillantes (ou sombres) successives ? Quelle relation la lie à la célérité c et à la période T ?

Cette distance est la **longueur d'onde** λ : c'est la période spatiale de l'onde, c'est-à-dire la distance parcourue par l'onde pendant une période T.

$\lambda = cT$, avec λ en m, c en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ et T en s.

II.2 À l'aide du document 2, calculer la célérité c de l'onde périodique pour les deux épaisseurs d'eau. Quelle est l'influence de l'épaisseur de l'eau sur cette célérité ?

Données utiles $f = 24$ Hz ; document 2 à l'échelle 1

Comme $T = \dfrac{1}{f}$, la relation $\lambda = cT$ donne $c = \lambda f$.

Pour gagner en précision, on mesure plusieurs longueurs d'onde à la fois.

Épaisseur e_1 : $4\lambda_1 = 4{,}2$ cm, soit $\lambda_1 = 1{,}05$ cm.

$$c_1 = \lambda_1 f = \frac{4{,}2}{4} \times 24 = 25 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

Épaisseur e_2 : $5\lambda_2 = 4{,}2$ cm, soit $\lambda_2 = 0{,}84$ cm.

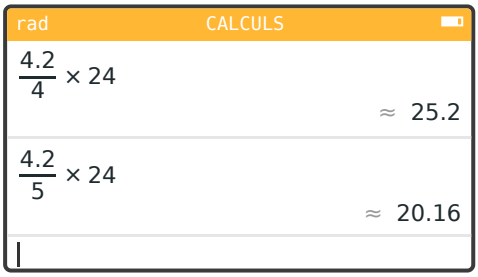
$$c_2 = \lambda_2 f = \frac{4{,}2}{5} \times 24 = 20 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$$

$c_1 = 25 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ et $c_2 = 20 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$: comme au I.3, la célérité diminue quand l'épaisseur de l'eau diminue.

COMPRENDRE
La fréquence est imposée par le vibreur : elle est la même dans les deux zones. Les franges se resserrent en eau peu profonde, donc λ diminue et $c = \lambda f$ aussi.

MÉTHODE
Mesurer n longueurs d'onde d'un coup puis diviser par n : l'incertitude de lecture (environ 1 mm) est elle aussi divisée par n.

À LA CALCULATRICE



II.3 Calculer la célérité c de l'onde périodique pour chaque enregistrement. Comment évolue cette célérité en fonction de la fréquence de l'onde ?

Données utiles f (Hz) : 12 ; 24 ; 48 ; 96 et λ (m) : 0,018 ; 0,0097 ; 0,0059 ; 0,0036

On applique $c = \lambda f$ à chaque enregistrement :

f (Hz)	12	24	48	96
λ (m)	0,018	0,0097	0,0059	0,0036
c ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	0,22	0,23	0,28	0,35

La célérité augmente quand la fréquence augmente : elle dépend de la fréquence, l'eau est un milieu **dispersif** pour ces ondes.

COMPRENDRE
À 24 Hz, on retrouve $\lambda \approx 1$ cm et $c \approx 0{,}23 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, proches des valeurs du II.2 pour l'épaisseur e_1 : les deux expériences sont cohérentes.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

0.018 × 12 ≈ 0.216

0.0097 × 24 ≈ 0.2328

0.0059 × 48 ≈ 0.2832

0.0036 × 96 ≈ 0.3456

III.1.1 Comment se nomme le phénomène observé sur l'écran ?

La lumière s'étale après la fente : on observe une tache centrale large, encadrée de taches secondaires séparées par des extinctions.

C'est le phénomène de **diffraction**.

III.1.2 Calculer la longueur d'onde du faisceau laser, sachant que $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$ et que $\theta \approx \tan\theta$.

Données utiles $a = 0{,}08$ mm ; $D = 3{,}00$ m ; largeur de la tache centrale $l = 4{,}7$ cm (figure 2)

Dans le triangle rectangle formé par la fente, le centre de la tache centrale et la première extinction :

$$\tan\theta = \frac{l/2}{D} = \frac{l}{2D}$$

L'angle étant petit, $\theta \approx \tan\theta = \dfrac{l}{2D}$. Or $\theta = \dfrac{\lambda}{a}$, donc $\dfrac{\lambda}{a} = \dfrac{l}{2D}$ et

$$\lambda = \frac{a\,l}{2D} = \frac{0{,}08 \times 10^{-3} \times 4{,}7 \times 10^{-2}}{2 \times 3{,}00} = 6 \times 10^{-7}\ \text{m}$$

$\lambda = 6 \times 10^{-7}$ m, soit environ 600 nm.

PIÈGE
l est la largeur totale de la tache centrale : l'angle θ correspond à la demi-largeur $l/2$. Oublier le facteur 2 double la longueur d'onde. Convertir a et l en mètres.

COMPRENDRE
$a = 0{,}08$ mm n'a qu'un chiffre significatif : le résultat n'en garde qu'un. La valeur trouvée est bien dans le domaine visible (400 à 800 nm), côté orangé-rouge.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{0.08 \times 10^{-3} \times 4.7 \times 10^{-2}}{2 \times 3.00} \approx 6.266667 \times 10^{-7}$

III.2.1 Calculer la vitesse de déplacement des vagues à la surface de l'océan.

Données utiles vagues espacées de 230 m ; une vague remplace la précédente en 12 s

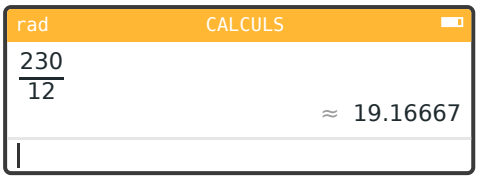
La distance entre deux vagues successives est la longueur d'onde : $\lambda = 230$ m. La durée au bout de laquelle une vague remplace la précédente est la période : $T = 12$ s.

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{230}{12} = 19\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v = 19\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

PIÈGE
La vitesse du vent ($65\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$) et la hauteur des vagues (1 m) sont des données inutiles ici : la vitesse des vagues n'est pas celle du vent.

À LA CALCULATRICE



III.2.2 La houle arrive sur un port dont l'ouverture a une largeur $a = 200$ m. Le bateau stationné au fond du port risque-t-il d'en ressentir les effets ? Justifier à l'aide d'un schéma.

Données utiles $\lambda = 230$ m ; $a = 200$ m

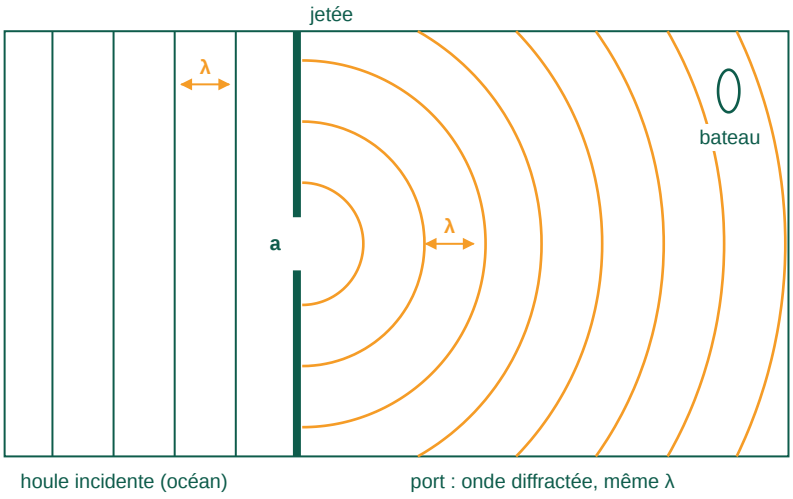
L'ouverture du port a une largeur $a = 200$ m du même ordre de grandeur que la longueur d'onde de la houle ($\lambda = 230$ m), et même un peu plus petite : la houle est **diffractée** par l'ouverture.

L'ouverture se comporte alors comme une source : derrière les jetées, l'onde devient circulaire et se propage dans toutes les directions, avec la même longueur d'onde λ.

Oui : l'onde diffractée atteint tout le port, le bateau ressentira la houle bien qu'il ne soit pas en face de l'ouverture.

PIÈGE
Sur le schéma, garder le même écart entre les vagues avant et après l'ouverture : la diffraction ne change ni la longueur d'onde ni la fréquence.

COMPRENDRE
Sans diffraction (a très grand devant λ), la houle ne passerait que dans le couloir situé face à l'ouverture et le bateau serait à l'abri derrière la jetée.



III.2.2 · Document 4 complété : houle diffractée par l'ouverture du port

Spécialité : Produire un son

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

I.1 Comment appelle-t-on le mode de vibration obtenu pour la fréquence $f = 40$ Hz ?

Données utiles un seul fuseau observé à $f = 40$ Hz

La corde vibre en un seul fuseau : c'est le mode de vibration de plus basse fréquence.

Il s'agit du **mode fondamental**.

COMPRENDRE
Les modes propres d'une corde et les harmoniques faisaient partie de l'ancien enseignement de spécialité. La notion d'harmonique ne figure plus au programme actuel de la spécialité physique-chimie.

I.2 Comment appelle-t-on les autres modes de vibration de la corde ? Quelles fréquences permettent de les obtenir ?

Données utiles fréquence du fondamental $f = 40$ Hz

Les autres modes de vibration sont les **modes harmoniques**. Leurs fréquences sont les multiples entiers de celle du fondamental :

$$f_n = n \times f \quad \text{avec } n \text{ entier, } n \geqslant 2$$

$f_n = n \times 40$ Hz : 80 Hz, 120 Hz, 160 Hz, …

COMPRENDRE
Le mode de rang n présente n fuseaux. Entre deux de ces fréquences, la corde ne vibre presque pas : l'onde stationnaire n'apparaît que pour des valeurs bien précises.

I.3 Quelle relation lie la célérité c, la fréquence f et la longueur d'onde λ de l'onde dans la corde ?

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

$c = \lambda f$ (c en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, λ en m, f en Hz)

I.4 Quelle relation lie la longueur L de la corde et la longueur d'onde λ ? Établir la relation liant c, L et f.

Données utiles condition d'onde stationnaire donnée par l'énoncé ; $c = \lambda f$ (I.3)

Un aller et retour entre A et B représente une distance $2L$. La condition de l'énoncé s'écrit donc, avec n entier non nul :

$$2L = n\lambda$$

D'après I.3, $\lambda = \dfrac{c}{f}$. En remplaçant : $2L = n\dfrac{c}{f}$.

$2L = n\lambda$ et $c = \dfrac{2Lf}{n}$, soit $f = \dfrac{nc}{2L}$

PIÈGE
Écrire $L = n\lambda$ en oubliant que l'onde fait un aller et un retour : toutes les fréquences calculées ensuite seraient fausses d'un facteur 2.

COMPRENDRE
Écrite sous la forme $L = n\dfrac{\lambda}{2}$, la relation montre qu'un fuseau a pour longueur $\dfrac{\lambda}{2}$: l'entier n est le nombre de fuseaux. Pour le fondamental, $n = 1$ et $c = 2Lf$.

I.5 Quelle fréquence doit avoir le courant sinusoïdal pour obtenir deux fuseaux ? Où est-il judicieux de placer l'aimant dans ce cas ?

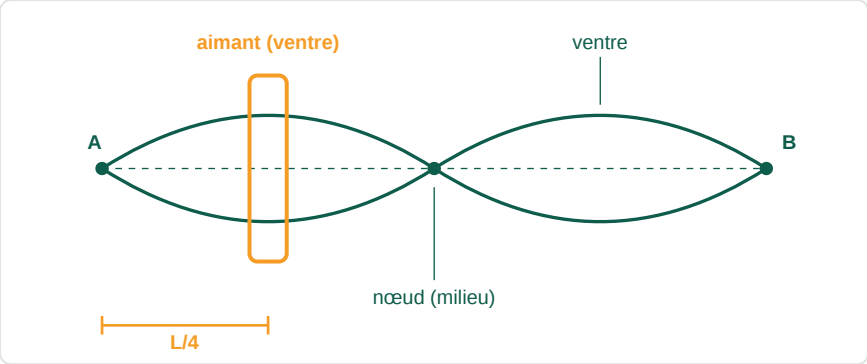
Données utiles fondamental $f = 40$ Hz ; $f_n = n \times f$ (I.2) ; aimant initialement au milieu de AB

Deux fuseaux correspondent au mode de rang $n = 2$: $f_2 = 2 \times f = 2 \times 40 = 80$ Hz.

Avec deux fuseaux, le milieu de la corde est un nœud de vibration : la corde y reste immobile. L'aimant, qui met la corde en mouvement, est plus efficace au niveau d'un ventre, c'est-à-dire au milieu d'un fuseau.

$f_2 = 80$ Hz ; l'aimant se place à la distance $\dfrac{L}{4}$ de A (ou de B).

COMPRENDRE
Au milieu de la corde, l'aimant convenait pour un seul fuseau : c'était alors un ventre. Pour un mode donné, l'excitation est la plus efficace là où l'amplitude de vibration est maximale.



I.5 · Corde vibrant en deux fuseaux : l'aimant est déplacé vers un ventre

II.1 Quel est l'intérêt de pouvoir régler la tension des cordes ?

Données utiles $f = \frac{k}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$

Pour une corde donnée, L et μ sont fixées : la fréquence de vibration ne dépend plus que de la tension F, et elle augmente avec F.

Régler la tension permet d'ajuster la fréquence du fondamental, donc d'**accorder** la corde sur la note voulue.

COMPRENDRE
La hauteur d'un son est liée à la fréquence de son fondamental : plus elle est grande, plus le son est aigu. Cette notion n'est plus au programme actuel de la spécialité.

II.2 Pourquoi les cordes ont-elles des masses linéiques différentes ?

Données utiles $f = \frac{k}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}$; même longueur $L = 65$ cm pour les six cordes

Les six cordes ont la même longueur L. D'après la relation, à tension comparable, la fréquence diminue quand la masse linéique μ augmente.

Des masses linéiques différentes donnent des fondamentaux différents : chaque corde produit sa propre note, la plus lourde par unité de longueur donnant le son le plus grave.

COMPRENDRE
Jouer sur la seule tension ne suffirait pas : il faudrait des tensions très différentes d'une corde à l'autre, trop faibles pour les notes graves ou trop fortes pour les notes aiguës.

II.3.1 À partir de l'enregistrement de la courbe 1, déterminer la fréquence de la note émise par la corde n°2 avant l'accord.

Données utiles courbe 1 (annexe 3), axe des temps gradué en ms

Le signal est périodique. On mesure la durée de trois périodes entre le premier et le quatrième maximum principal : $3T \approx 35{,}5$ ms.

$$T = \frac{35{,}5}{3} \approx 11{,}8 \text{ ms} = 11{,}8 \times 10^{-3} \text{ s}$$

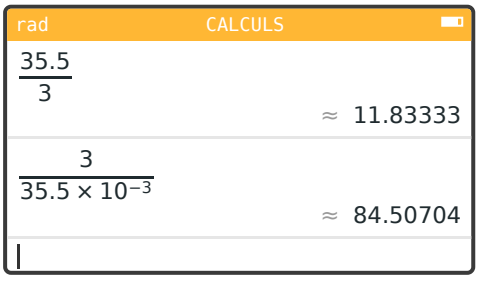
$$f = \frac{1}{T} = \frac{3}{35{,}5 \times 10^{-3}}$$

$f \approx 85$ Hz

COMPRENDRE
La lecture graphique ne justifie que deux chiffres significatifs. Selon le soin du pointage, on trouve entre 84 et 85 Hz : toute valeur de cet ordre est acceptée.

MÉTHODE
Mesurer plusieurs périodes puis diviser : l'incertitude de lecture est répartie sur trois périodes. Repérer un motif complet, ici d'un grand maximum au suivant, sans se laisser tromper par le maximum secondaire.

À LA CALCULATRICE



II.3.2 Lequel des deux diagrammes de fréquences (courbes 2 et 3) correspond à l'enregistrement précédent ? Justifier.

Données utiles $f \approx 85$ Hz (II.3.1) ; courbes 2 et 3 (annexe 3)

La fréquence du son est celle du fondamental, c'est-à-dire celle du premier pic du spectre.

Courbe 2 : le premier pic est situé un peu en dessous de 100 Hz, vers 85 Hz. Courbe 3 : le premier pic est au-dessus de 100 Hz, vers 110 Hz.

Le diagramme n°1 (**courbe 2**) correspond à l'enregistrement : son fondamental est à environ 85 Hz.

PIÈGE
Prendre le pic le plus haut pour le fondamental. Sur la courbe 2, le pic le plus grand (vers 170 Hz) est l'harmonique de rang 2 : le fondamental est le pic de plus basse fréquence.

COMPRENDRE
Sur la courbe 2, les pics sont régulièrement espacés d'environ 85 Hz (85, 170, 250 Hz…) : ce sont bien des multiples du fondamental. La courbe 3 est le spectre d'un La1 à 110 Hz.

II.3.3 Comment le musicien doit-il agir sur la corde pour obtenir le La1 ?

Données utiles La1 : 110 Hz ; $f \approx 85$ Hz (II.3.1) ; $f = \dfrac{k}{2L}\sqrt{\dfrac{F}{\mu}}$

La corde émet un son de fréquence 85 Hz, inférieure aux 110 Hz du La1 : le son est trop grave, il faut augmenter la fréquence.

Pour cette corde, L et μ sont constantes : f est proportionnelle à $\sqrt{F}$ et augmente donc avec la tension.

Le musicien doit **augmenter la tension** de la corde en tournant la clé, jusqu'à obtenir 110 Hz.

COMPRENDRE
La fréquence varie comme $\sqrt{F}$, pas comme F : pour passer de 85 à 110 Hz, la tension doit être multipliée par $\left(\dfrac{110}{85}\right)^2 \approx 1{,}7$.

À LA CALCULATRICE

